Karlsruher Institut für Technologie

# Modulhandbuch
# Physik Master 2015 (Master of Science)

SPO 2015

Wintersemester 2019/20

Stand 09.10.2019

KIT-FAKULTÄT FÜR PHYSIK

# Inhaltsverzeichnis

**1. Masterstudiengang Physik ... 13**
1.1. Qualifikationsziele ... 13
1.1.1. Qualifikationsziele des Studiengangs ... 13
1.1.2. Qualifikationsziele der einzelnen Fächer ... 13
1.1.2.1. Physikalisches Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach ... 13
1.1.2.2. Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach ... 14
1.1.2.3. Fortgeschrittenenpraktikum ... 14
1.1.2.4. Hauptseminar ... 14
1.1.2.5. Additive überfachliche Qualifikationen ... 14
1.1.2.6. Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und Spezialisierungsphase ... 14
1.1.2.7. Masterarbeit ... 14
1.1.3. Leistungspunkte-System ... 14
1.2. Studienplan für den Masterstudiengang Physik ... 14
1.2.1. Einleitung ... 14
1.2.2. Lehrveranstaltungen ... 15
1.2.3. Anmeldung zu Leistungsüberprüfungen und Fachprüfungen ... 16
1.2.4. Notenbildung ... 16
1.2.5. Organisation der Fächer ... 16
1.3. Graphische Darstellung des Studienplans ... 17
**2. Tabellarische Übersicht über die Zuordnung der Module ... 18**
**3. Module ... 28**
3.1. Advanced Topics in Flavour Physics - M-PHYS-104090 ... 28
3.2. Allgemeine Relativitätstheorie - M-PHYS-102319 ... 29
3.3. Allgemeine Relativitätstheorie (NF) - M-PHYS-102320 ... 30
3.4. Allgemeine Relativitätstheorie II - M-PHYS-103333 ... 31
3.5. Allgemeine Relativitätstheorie II (NF) - M-PHYS-103334 ... 32
3.6. Array Processing - M-PHYS-102366 ... 33
3.7. Array Processing (NF) - M-PHYS-102656 ... 34
3.8. Astroteilchenphysik I - M-PHYS-102075 ... 35
3.9. Astroteilchenphysik I (NF) - M-PHYS-102076 ... 37
3.10. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen - M-PHYS-102526 ... 38
3.11. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-103185 ... 40
3.12. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102080 ... 42
3.13. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102084 ... 44
3.14. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen - M-PHYS-102525 ... 46
3.15. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-103184 ... 47
3.16. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102078 ... 48
3.17. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102082 ... 49
3.18. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen - M-PHYS-102527 ... 50
3.19. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-103186 ... 52
3.20. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102081 ... 54
3.21. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102086 ... 56
3.22. Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen - M-PHYS-104869 ... 58
3.23. Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-104870 ... 60
3.24. Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen - M-PHYS-104871 ... 62
3.25. Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-104872 ... 64
3.26. Computational Condensed Matter Physics - M-PHYS-104862 ... 66
3.27. Computational Condensed Matter Physics (NF) - M-PHYS-104863 ... 68
3.28. Computational Photonics, with ext. Exercises - M-PHYS-101933 ... 69
3.29. Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) - M-PHYS-103090 ... 71
3.30. Computational Photonics, without ext. Exercises - M-PHYS-103089 ... 72
3.31. Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) - M-PHYS-103193 ... 74
3.32. Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics - M-PHYS-105139 ... 75
3.33. Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF) - M-PHYS-105140 ... 76
3.34. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen - M-PHYS-102121 ... 77
3.35. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102122 ... 78
3.36. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102119 ... 79

3.37. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102120 ... 80
3.38. Dunkle Materie - Theoretische Aspekte - M-PHYS-102981 ... 81
3.39. Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF) - M-PHYS-103187 ... 82
3.40. Effektive Feldtheorien - M-PHYS-103328 ... 83
3.41. Effektive Feldtheorien (NF) - M-PHYS-103329 ... 84
3.42. Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten - M-PHYS-101397 ... 85
3.43. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen - M-PHYS-102987 ... 86
3.44. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) - M-PHYS-103189 ... 87
3.45. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen - M-PHYS-102986 ... 88
3.46. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) - M-PHYS-103188 ... 89
3.47. Einführung in die Kosmologie - M-PHYS-102175 ... 90
3.48. Einführung in die Kosmologie (NF) - M-PHYS-102176 ... 92
3.49. Einführung in die Supersymmetrie - M-PHYS-104091 ... 93
3.50. Einführung in die Theoretische Kosmologie - M-PHYS-104855 ... 94
3.51. Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF) - M-PHYS-104856 ... 95
3.52. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen - M-PHYS-102221 ... 96
3.53. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102424 ... 97
3.54. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102425 ... 98
3.55. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102426 ... 99
3.56. Einführung in die Vulkanologie, benotet - M-PHYS-101866 ... 100
3.57. Einführung in die Vulkanologie, unbenotet - M-PHYS-101944 ... 102
3.58. Elektronenmikroskopie I, mit Übungen - M-PHYS-102989 ... 104
3.59. Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102991 ... 105
3.60. Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen - M-PHYS-102990 ... 106
3.61. Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-102992 ... 107
3.62. Elektronenmikroskopie II, mit Übungen - M-PHYS-102227 ... 108
3.63. Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) - M-PHYS-103172 ... 109
3.64. Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen - M-PHYS-102844 ... 110
3.65. Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-103173 ... 111
3.66. Elektronenoptik, mit Übungen - M-PHYS-102321 ... 112
3.67. Elektronenoptik, mit Übungen (NF) - M-PHYS-103174 ... 113
3.68. Elektronenoptik, ohne Übungen - M-PHYS-102845 ... 114
3.69. Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-103175 ... 115
3.70. Elektronik für Physiker - M-PHYS-102184 ... 116
3.71. Elektronik für Physiker (NF) - M-PHYS-102185 ... 118
3.72. Elektronik für Physiker: Analogelektronik - M-PHYS-102179 ... 119
3.73. Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) - M-PHYS-102180 ... 120
3.74. Elektronik für Physiker: Digitalelektronik - M-PHYS-102182 ... 121
3.75. Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) - M-PHYS-102183 ... 122
3.76. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen - M-PHYS-102089 ... 123
3.77. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102087 ... 124
3.78. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen - M-PHYS-102090 ... 125
3.79. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-102088 ... 126
3.80. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen - M-PHYS-102108 ... 127
3.81. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102106 ... 128
3.82. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen - M-PHYS-102109 ... 129
3.83. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-102107 ... 130
3.84. Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen - M-PHYS-102291 ... 131
3.85. Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF) - M-PHYS-102292 ... 132
3.86. Experimentelle Biophysik II, mit Seminar - M-PHYS-102165 ... 133
3.87. Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) - M-PHYS-102166 ... 135
3.88. Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar - M-PHYS-102167 ... 137
3.89. Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) - M-PHYS-102168 ... 139
3.90. Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model - M-PHYS-104542 ... 141
3.91. Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF) - M-PHYS-104543 ... 142
3.92. Festkörperspektroskopie, mit Übungen - M-PHYS-105074 ... 143
3.93. Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory - M-PHYS-104548 ... 144
3.94. Flavour Physics in the Standard Model and beyond - M-PHYS-105064 ... 145
3.95. Full-waveform inversion, benotet - M-PHYS-105235 ... 146
3.96. Full-waveform Inversion, unbenotet - M-PHYS-104522 ... 147

3.97. Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, benotet - M-PHYS-101873 ..... 148
3.98. Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, unbenotet - M-PHYS-101953 ..... 149
3.99. Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, benotet - M-PHYS-101951 ..... 150
3.100. Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, unbenotet - M-PHYS-101874 ..... 151
3.101. Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, benotet - M-PHYS-101952 ..... 152
3.102. Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, unbenotet - M-PHYS-101872 ..... 154
3.103. Grundlagen der Nanotechnologie I - M-PHYS-102097 ..... 155
3.104. Grundlagen der Nanotechnologie I (NF) - M-PHYS-102096 ..... 156
3.105. Grundlagen der Nanotechnologie II - M-PHYS-102100 ..... 157
3.106. Grundlagen der Nanotechnologie II (NF) - M-PHYS-102099 ..... 158
3.107. Hadronische Wechselwirkungen - M-PHYS-105063 ..... 159
3.108. Halbleiterphysik, mit Übungen - M-PHYS-102131 ..... 160
3.109. Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102130 ..... 162
3.110. Halbleiterphysik, ohne Übungen - M-PHYS-102301 ..... 163
3.111. Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-102300 ..... 165
3.112. Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik - M-PHYS-102207 ..... 166
3.113. Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik - M-PHYS-102206 ..... 168
3.114. Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie - M-PHYS-102203 ..... 170
3.115. Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik - M-PHYS-102204 ..... 172
3.116. Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik - M-PHYS-102205 ..... 174
3.117. Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik - M-PHYS-102208 ..... 176
3.118. Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie - M-PHYS-102209 ..... 178
3.119. Hydrodynamik - M-PHYS-104864 ..... 180
3.120. Hydrodynamik (NF) - M-PHYS-104865 ..... 181
3.121. Induced Seismicity, benotet - M-PHYS-101959 ..... 182
3.122. Induced Seismicity, unbenotet - M-PHYS-101878 ..... 183
3.123. Inversion & Tomographie - M-PHYS-102368 ..... 184
3.124. Inversion & Tomographie (NF) - M-PHYS-102658 ..... 185
3.125. Masterarbeit - M-PHYS-102068 ..... 186
3.126. Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen - M-PHYS-102517 ..... 187
3.127. Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102519 ..... 189
3.128. Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102518 ..... 190
3.129. Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-103194 ..... 192
3.130. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum - M-PHYS-103091 ..... 193
3.131. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) - M-PHYS-103170 ..... 195
3.132. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum - M-PHYS-102229 ..... 197
3.133. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) - M-PHYS-103169 ..... 199
3.134. Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation - M-PHYS-102232 ..... 201
3.135. Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF) - M-PHYS-103171 ..... 202
3.136. Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum - M-PHYS-102846 ..... 203
3.137. Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum (NF) - M-PHYS-102847 ..... 205
3.138. Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum - M-PHYS-102322 ..... 207
3.139. Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) - M-PHYS-102323 ..... 209
3.140. Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen - M-PHYS-102127 ..... 211
3.141. Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102128 ..... 212
3.142. Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102125 ..... 213
3.143. Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102126 ..... 214
3.144. Molekulare Elektronik - M-PHYS-104540 ..... 215
3.145. Molekulare Elektronik (NF) - M-PHYS-104541 ..... 216
3.146. Molekülspektroskopie - M-PHYS-102337 ..... 217
3.147. Monte Carlo Ereignisgeneratoren - M-PHYS-104860 ..... 218
3.148. Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF) - M-PHYS-104861 ..... 219
3.149. Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics - M-PHYS-103782 ..... 220
3.150. Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF) - M-PHYS-103783 ..... 221
3.151. Nanomaterials, mit Übungen - M-PHYS-105068 ..... 222
3.152. Nanomaterials, mit Übungen (NF) - M-PHYS-105069 ..... 224

3.153. Nanomaterials, ohne Übungen - M-PHYS-105071 ..... 225
3.154. Nano-Optics - M-PHYS-102146 ..... 227
3.155. Nano-Optics (NF) - M-PHYS-102147 ..... 228
3.156. Naturgefahren und Risiken - M-PHYS-101833 ..... 229
3.157. Neutrinophysik - Theoretische Aspekte - M-PHYS-102192 ..... 231
3.158. Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF) - M-PHYS-102330 ..... 232
3.159. Nonlinear Optics - M-ETIT-100430 ..... 233
3.160. Oberflächenphysik, mit Übungen - M-PHYS-102134 ..... 234
3.161. Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102136 ..... 235
3.162. Oberflächenphysik, ohne Übungen - M-PHYS-102133 ..... 236
3.163. Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-102135 ..... 237
3.164. Photovoltaik - M-ETIT-100513 ..... 238
3.165. Physik der Lithosphäre, benotet - M-PHYS-101960 ..... 239
3.166. Physik der Lithosphäre, unbenotet - M-PHYS-101875 ..... 241
3.167. Physik der Quanteninformation - M-PHYS-104866 ..... 242
3.168. Physik der Quanteninformation (NF) - M-PHYS-104867 ..... 243
3.169. Physik seismischer Messinstrumente - M-PHYS-102358 ..... 244
3.170. Physik seismischer Messinstrumente (NF) - M-PHYS-102653 ..... 245
3.171. Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum - M-PHYS-101395 ..... 246
3.172. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 1 TL - M-PHYS-102091 ..... 247
3.173. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TLen - M-PHYS-103129 ..... 248
3.174. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TLen - M-PHYS-103130 ..... 249
3.175. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TLen - M-PHYS-103131 ..... 250
3.176. Precision Tests of the Standard Model at low Energies - M-PHYS-104873 ..... 251
3.177. QCD und Colliderphysik, mit Übungen - M-PHYS-103326 ..... 252
3.178. QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF) - M-PHYS-103327 ..... 253
3.179. Quantenoptik auf der Nanoskala - M-PHYS-103325 ..... 254
3.180. Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) - M-PHYS-103330 ..... 255
3.181. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen - M-PHYS-104092 ..... 256
3.182. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) - M-PHYS-104093 ..... 258
3.183. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen - M-PHYS-104094 ..... 260
3.184. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-104095 ..... 262
3.185. Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices - M-PHYS-103092 ..... 263
3.186. Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF) - M-PHYS-103176 ..... 264
3.187. Quantum Physics in One Dimension - M-PHYS-104097 ..... 265
3.188. Quantum Physics in One Dimension (NF) - M-PHYS-104098 ..... 266
3.189. Reflexionsseismisches Processing - M-PHYS-102364 ..... 267
3.190. Reflexionsseismisches Processing (NF) - M-PHYS-102654 ..... 268
3.191. Seismic Data Processing with final report (graded) - M-PHYS-104186 ..... 269
3.192. Seismic Data Processing with final report (ungraded) - M-PHYS-104188 ..... 271
3.193. Seismology - M-PHYS-105225 ..... 273
3.194. Seismology (NF) - M-PHYS-105226 ..... 274
3.195. Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded) - M-PHYS-104578 ..... 275
3.196. Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded) - M-PHYS-104577 ..... 277
3.197. Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar - M-PHYS-102553 ..... 279
3.198. Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) - M-PHYS-103192 ..... 280
3.199. Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar - M-PHYS-102331 ..... 281
3.200. Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) - M-PHYS-103191 ..... 282
3.201. Solid State Quantum Technologies - M-PHYS-104857 ..... 283
3.202. Solid State Quantum Technologies (NF) - M-PHYS-104858 ..... 284
3.203. Solid-State Optics, mit Übungen - M-PHYS-102144 ..... 285
3.204. Solid-State Optics, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102145 ..... 286
3.205. Solid-State Optics, ohne Übungen - M-PHYS-102408 ..... 287
3.206. Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) - M-PHYS-102409 ..... 288
3.207. Spezialisierungsphase - M-PHYS-101396 ..... 289
3.208. Spintransport in Nanostrukturen - M-PHYS-102293 ..... 290
3.209. Supraleiter-Nanostrukturen - M-PHYS-102191 ..... 291
3.210. Supraleiter-Nanostrukturen (NF) - M-PHYS-104723 ..... 292
3.211. Symmetrien und Gruppen - M-PHYS-102317 ..... 293
3.212. Symmetrien und Gruppen (NF) - M-PHYS-102318 ..... 294

3.213. Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien - M-PHYS-102315 ... 295
3.214. Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) - M-PHYS-102316 ... 296
3.215. Teilchenphysik I - M-PHYS-102114 ... 297
3.216. Teilchenphysik I (NF) - M-PHYS-102115 ... 299
3.217. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen - M-PHYS-102422 ... 301
3.218. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-103183 ... 302
3.219. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen - M-PHYS-102154 ... 303
3.220. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-102155 ... 304
3.221. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen - M-PHYS-104088 ... 305
3.222. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-104089 ... 307
3.223. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen - M-PHYS-104086 ... 309
3.224. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-104087 ... 311
3.225. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen - M-PHYS-104084 ... 313
3.226. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) - M-PHYS-104085 ... 314
3.227. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen - M-PHYS-104081 ... 315
3.228. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) - M-PHYS-104082 ... 316
3.229. The ABC of DFT - M-PHYS-102984 ... 317
3.230. Theoretical Nanooptics - M-PHYS-102295 ... 318
3.231. Theoretical Nanooptics (NF) - M-PHYS-103177 ... 319
3.232. Theoretical Optics - M-PHYS-102277 ... 320
3.233. Theoretical Optics (NF) - M-PHYS-102279 ... 321
3.234. Theoretical Quantum Optics - M-PHYS-105094 ... 322
3.235. Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar - M-PHYS-102169 ... 324
3.236. Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) - M-PHYS-102170 ... 325
3.237. Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar - M-PHYS-102171 ... 326
3.238. Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) - M-PHYS-102172 ... 327
3.239. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen - M-PHYS-102033 ... 328
3.240. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102037 ... 329
3.241. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen - M-PHYS-102035 ... 330
3.242. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen - M-PHYS-102034 ... 331
3.243. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102038 ... 332
3.244. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen - M-PHYS-102036 ... 333
3.245. Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen - M-PHYS-102048 ... 334
3.246. Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen - M-PHYS-102046 ... 335
3.247. Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) - M-PHYS-102044 ... 336
3.248. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen - M-PHYS-102054 ... 337
3.249. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) - M-PHYS-102052 ... 338
3.250. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen - M-PHYS-102053 ... 339
3.251. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) - M-PHYS-102051 ... 340
3.252. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen - M-PHYS-103331 ... 341
3.253. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen - M-PHYS-102313 ... 342
3.254. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) - M-PHYS-102314 ... 344
3.255. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen - M-PHYS-102308 ... 346
3.256. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) - M-PHYS-102312 348
3.257. Theorie seismischer Wellen - M-PHYS-102367 ... 350
3.258. Theorie seismischer Wellen (NF) - M-PHYS-102657 ... 351
3.259. Überfachliche Qualifikationen - M-PHYS-101394 ... 352

**4. Teilleistungen ... 353**

4.1. Advanced Numerical Weather Prediction - T-PHYS-109139 ... 353
4.2. Advanced Topics in Flavour Physics - T-PHYS-108476 ... 354
4.3. Allgemeine Relativitätstheorie - T-PHYS-102395 ... 355
4.4. Allgemeine Relativitätstheorie (NF) - T-PHYS-102446 ... 356
4.5. Allgemeine Relativitätstheorie II - T-PHYS-106678 ... 357
4.6. Allgemeine Relativitätstheorie II (NF) - T-PHYS-106679 ... 358
4.7. Array Processing - T-PHYS-104733 ... 359
4.8. Array Processing (NF) - T-PHYS-105570 ... 360
4.9. Astroteilchenphysik I - T-PHYS-102432 ... 361
4.10. Astroteilchenphysik I (NF) - T-PHYS-104379 ... 362
4.11. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen - T-PHYS-105109 ... 363
4.12. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-106318 ... 364

4.13. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen - T-PHYS-102383 ... 365
4.14. Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-104382 ... 366
4.15. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen - T-PHYS-105108 ... 367
4.16. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-106317 ... 368
4.17. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen - T-PHYS-102382 ... 369
4.18. Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-104380 ... 370
4.19. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen - T-PHYS-105110 ... 371
4.20. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-106319 ... 372
4.21. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen - T-PHYS-102498 ... 373
4.22. Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-104383 ... 374
4.23. Atmospheric Aerosols - T-PHYS-108938 ... 375
4.24. Atmospheric Radiation - T-PHYS-107696 ... 376
4.25. Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen - T-PHYS-109904 ... 377
4.26. Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-109903 ... 378
4.27. Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen - T-PHYS-109905 ... 379
4.28. Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-109906 ... 380
4.29. Climate Modeling & Dynamics with ICON - T-PHYS-108928 ... 381
4.30. Cloud Physics - T-PHYS-107694 ... 382
4.31. Computational Condensed Matter Physics - T-PHYS-109895 ... 383
4.32. Computational Condensed Matter Physics (NF) - T-PHYS-109894 ... 384
4.33. Computational Photonics, with ext. Exercises - T-PHYS-103633 ... 385
4.34. Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) - T-PHYS-106132 ... 386
4.35. Computational Photonics, without ext. Exercises - T-PHYS-106131 ... 387
4.36. Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) - T-PHYS-106326 ... 388
4.37. Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics - T-PHYS-110390 ... 389
4.38. Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF) - T-PHYS-110391 ... 390
4.39. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen - T-PHYS-102378 ... 391
4.40. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-102431 ... 392
4.41. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen - T-PHYS-104453 ... 393
4.42. Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-104454 ... 394
4.43. Dunkle Materie - Theoretische Aspekte - T-PHYS-105957 ... 395
4.44. Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF) - T-PHYS-106320 ... 396
4.45. Effektive Feldtheorien - T-PHYS-106672 ... 397
4.46. Effektive Feldtheorien (NF) - T-PHYS-106673 ... 398
4.47. Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten - T-PHYS-102480 ... 399
4.48. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen - T-PHYS-105963 ... 400
4.49. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) - T-PHYS-106322 ... 401
4.50. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen - T-PHYS-105962 ... 402
4.51. Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) - T-PHYS-106321 ... 403
4.52. Einführung in die Kosmologie - T-PHYS-102384 ... 404
4.53. Einführung in die Kosmologie (NF) - T-PHYS-102433 ... 405
4.54. Einführung in die Supersymmetrie - T-PHYS-108477 ... 406
4.55. Einführung in die Theoretische Kosmologie - T-PHYS-109887 ... 407
4.56. Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF) - T-PHYS-109888 ... 408
4.57. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen - T-PHYS-104536 ... 409
4.58. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-104791 ... 410
4.59. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen - T-PHYS-104792 ... 411
4.60. Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-104793 ... 412
4.61. Einführung in die Vulkanologie, Prüfung - T-PHYS-103644 ... 413
4.62. Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung - T-PHYS-103553 ... 414
4.63. Elektronenmikroskopie I, mit Übungen - T-PHYS-105965 ... 415
4.64. Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) - T-PHYS-105968 ... 416
4.65. Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen - T-PHYS-105967 ... 417
4.66. Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-105969 ... 418
4.67. Elektronenmikroskopie II, mit Übungen - T-PHYS-102349 ... 419
4.68. Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) - T-PHYS-106306 ... 420
4.69. Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen - T-PHYS-105817 ... 421
4.70. Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-106307 ... 422
4.71. Elektronenoptik, mit Übungen - T-PHYS-102362 ... 423
4.72. Elektronenoptik, mit Übungen (NF) - T-PHYS-106308 ... 424

4.73. Elektronenoptik, ohne Übungen - T-PHYS-105818 ... 425
4.74. Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-106309 ... 426
4.75. Elektronik für Physiker - T-PHYS-104479 ... 427
4.76. Elektronik für Physiker (NF) - T-PHYS-104480 ... 428
4.77. Elektronik für Physiker: Analogelektronik - T-PHYS-104475 ... 429
4.78. Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) - T-PHYS-104476 ... 430
4.79. Elektronik für Physiker: Digitalelektronik - T-PHYS-104477 ... 431
4.80. Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) - T-PHYS-104478 ... 432
4.81. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen - T-PHYS-102577 ... 433
4.82. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102575 ... 434
4.83. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen - T-PHYS-102578 ... 435
4.84. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-102576 ... 436
4.85. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen - T-PHYS-104422 ... 437
4.86. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) - T-PHYS-104420 ... 438
4.87. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen - T-PHYS-104423 ... 439
4.88. Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-104421 ... 440
4.89. Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen - T-PHYS-102534 ... 441
4.90. Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF) - T-PHYS-102535 ... 442
4.91. Energetics - T-PHYS-107695 ... 443
4.92. Energy Meteorology - T-PHYS-109141 ... 444
4.93. Exam on Selected Topics in Meteorology (Second Major) - T-PHYS-109380 ... 445
4.94. Experimentelle Biophysik II, mit Seminar - T-PHYS-102532 ... 447
4.95. Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) - T-PHYS-102533 ... 448
4.96. Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar - T-PHYS-104471 ... 449
4.97. Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) - T-PHYS-104472 ... 450
4.98. Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model - T-PHYS-109307 ... 451
4.99. Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF) - T-PHYS-109308 ... 452
4.100. Festkörperspektroskopie, mit Übungen - T-PHYS-110292 ... 453
4.101. Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory - T-PHYS-109320 ... 454
4.102. Flavour Physics in the Standard Model and beyond - T-PHYS-110281 ... 455
4.103. Full-waveform inversion - T-PHYS-109272 ... 456
4.104. Full-waveform inversion (graded) - T-PHYS-110614 ... 457
4.105. Geological Hazards and Risk - T-PHYS-103525 ... 458
4.106. Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Prüfung - T-PHYS-103674 ... 459
4.107. Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Studienleistung - T-PHYS-103572 ... 460
4.108. Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Prüfung - T-PHYS-103672 ... 461
4.109. Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Studienleistung - T-PHYS-103573 ... 462
4.110. Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Prüfung - T-PHYS-103673 ... 463
4.111. Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Studienleistung - T-PHYS-103571 ... 464
4.112. Grundlagen der Nanotechnologie I - T-PHYS-102529 ... 465
4.113. Grundlagen der Nanotechnologie I (NF) - T-PHYS-102528 ... 466
4.114. Grundlagen der Nanotechnologie II - T-PHYS-102531 ... 467
4.115. Grundlagen der Nanotechnologie II (NF) - T-PHYS-102530 ... 468
4.116. Hadronische Wechselwirkungen - T-PHYS-110279 ... 469
4.117. Halbleiterphysik, mit Übungen - T-PHYS-102343 ... 470
4.118. Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102301 ... 471
4.119. Halbleiterphysik, ohne Übungen - T-PHYS-104590 ... 472
4.120. Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-104589 ... 473
4.121. Hauptseminar: Aktuelle Experimente der Quantenphysik - T-PHYS-109971 ... 474
4.122. Hauptseminar: Astroteilchenphysik - T-PHYS-110293 ... 475
4.123. Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Das Universum bei höchsten Energien - T-PHYS-104550 ... 476
4.124. Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Kosmische Strahlung - T-PHYS-104557 ... 477
4.125. Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Neutrinos und Dunkle Materie - T-PHYS-104541 ... 478
4.126. Hauptseminar: Basisgrößen und Basiseinheiten - T-PHYS-106524 ... 479
4.127. Hauptseminar: Beschleuniger und Synchrotronstrahlung - T-PHYS-104559 ... 480
4.128. Hauptseminar: Big Data Science in- und außerhalb der Physik - T-PHYS-106287 ... 481
4.129. Hauptseminar: Biophysik der Sinneswahrnehmungen - T-PHYS-104573 ... 482
4.130. Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und deren Anwendung in der Festkörperforschung - T-PHYS-105794 ... 483

4.131. Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und Elektronenoptik - T-PHYS-108436 ..... 484
4.132. Hauptseminar: Elektronenoptik - T-PHYS-104523 ..... 485
4.133. Hauptseminar: Elementare Quanteneffekte der Kondensierten Materie - T-PHYS-104538 ..... 486
4.134. Hauptseminar: Experimente mit einzelnen Photonen - T-PHYS-107891 ..... 487
4.135. Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Teilchenphysik - T-PHYS-104547 ..... 488
4.136. Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Festkörperphysik - T-PHYS-104543 ..... 489
4.137. Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Grundlagen der Elementarteilchenphysik - T-PHYS-104537 ..... 490
4.138. Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Colliderphysik - T-PHYS-109976 ..... 491
4.139. Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Teilchenphysik - T-PHYS-106525 ..... 492
4.140. Hauptseminar: Festkörperphysik bei Tiefen Temperaturen - T-PHYS-109972 ..... 493
4.141. Hauptseminar: Flavourphysik - T-PHYS-109973 ..... 494
4.142. Hauptseminar: Forschung mit Photonen - Festkörperforschung, Strukturaufklärung und Bildgebung - T-PHYS-105795 ..... 495
4.143. Hauptseminar: From the Smallest to the Largest Scales - Understanding the Matter Content of the Universe - T-PHYS-109975 ..... 496
4.144. Hauptseminar: General Relativity - T-PHYS-106126 ..... 497
4.145. Hauptseminar: General Relativity II - T-PHYS-109974 ..... 498
4.146. Hauptseminar: Halbleiter-Nanostrukturen - T-PHYS-104540 ..... 499
4.147. Hauptseminar: Hunting New Physics in the Higgs Sector - T-PHYS-104522 ..... 500
4.148. Hauptseminar: Konformationsdynamik in Biomolekülen - T-PHYS-104544 ..... 501
4.149. Hauptseminar: Konzepte und Bauelemente des Quantencomputers - T-PHYS-104574 ..... 502
4.150. Hauptseminar: Konzepte und Physik des Quantencomputers - T-PHYS-105792 ..... 503
4.151. Hauptseminar: Lichtoptische Nanoskopie - T-PHYS-104560 ..... 504
4.152. Hauptseminar: Magnetismus - T-PHYS-106125 ..... 505
4.153. Hauptseminar: Metamaterialien - T-PHYS-104539 ..... 506
4.154. Hauptseminar: Methoden der Virtuellen Materialentwicklung - T-PHYS-108877 ..... 507
4.155. Hauptseminar: Miracles in Quantum Field Theory - T-PHYS-107567 ..... 508
4.156. Hauptseminar: Models and Searches for Lorentz Violation - T-PHYS-104575 ..... 509
4.157. Hauptseminar: Moderne Teilchenbeschleuniger und Forschung mit Photonen - T-PHYS-106129 ..... 510
4.158. Hauptseminar: Nanoelektronik und Quantentransport - T-PHYS-104542 ..... 511
4.159. Hauptseminar: Neutronen- und Röntgenstrahlung in der Festkörperphysik - T-PHYS-109977 ..... 512
4.160. Hauptseminar: Optoelektronik - Grundlagen und Bauelemente - T-PHYS-105789 ..... 513
4.161. Hauptseminar: Phasenübergänge in Festkörpern mit Korrelierten Elektronen - T-PHYS-108434 ..... 514
4.162. Hauptseminar: Physics and Mathematics of Scattering Amplitudes - T-PHYS-106128 ..... 515
4.163. Hauptseminar: Physics beyond the Standard Model at the LHC and ee Colliders - T-PHYS-106127 ..... 516
4.164. Hauptseminar: Physik tiefer Temperaturen - T-PHYS-104549 ..... 517
4.165. Hauptseminar: Plasmonik - T-PHYS-105788 ..... 518
4.166. Hauptseminar: Quanteneffekte in Dünnen Schichten - T-PHYS-108876 ..... 519
4.167. Hauptseminar: Quantenoptik - T-PHYS-106523 ..... 520
4.168. Hauptseminar: Quantenoptik und Spindynamik auf der Nanoskala - T-PHYS-107565 ..... 521
4.169. Hauptseminar: Quantentechnologie (Spins, Tunnelsysteme, NV-Zentren, Supraleitende Qubits etc.) - T-PHYS-108433 ..... 522
4.170. Hauptseminar: Schlüsselexperimente der Festkörperphysik - T-PHYS-105790 ..... 523
4.171. Hauptseminar: Spezielle Relativitätstheorie - T-PHYS-105793 ..... 524
4.172. Hauptseminar: Standardmodell der Teilchenphysik: Experiment und Theorie - T-PHYS-108435 ..... 525
4.173. Hauptseminar: Synchrotronstrahlung - T-PHYS-104558 ..... 526
4.174. Hauptseminar: Teilchenphysik bei höchster Energie am LHC - T-PHYS-107566 ..... 527
4.175. Hauptseminar: Teilchenphysik und Experimentelle Methoden - T-PHYS-105791 ..... 528
4.176. Hauptseminar: Theory of Superconductivity - T-PHYS-109598 ..... 529
4.177. Hauptseminar: Tieftemperaturphysik - T-PHYS-107564 ..... 530
4.178. Hydrodynamik - T-PHYS-109897 ..... 531
4.179. Hydrodynamik (NF) - T-PHYS-109896 ..... 532
4.180. Induced Seismicity, Prüfung - T-PHYS-103677 ..... 533
4.181. Induced Seismicity, Studienleistung - T-PHYS-103575 ..... 534
4.182. Integrated Atmospheric Measurements - T-PHYS-109902 ..... 535
4.183. Inversion & Tomographie - T-PHYS-104737 ..... 536
4.184. Inversion & Tomographie (NF) - T-PHYS-105572 ..... 537
4.185. Masterarbeit - T-PHYS-104370 ..... 538
4.186. Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, mit erw. Übungen - T-PHYS-102376 ..... 539
4.187. Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-105106 ..... 540

4.188. Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen - T-PHYS-105105 ..... 541
4.189. Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-106327 ..... 542
4.190. Meteorological Hazards - T-PHYS-109140 ..... 543
4.191. Methods of Data Analysis - T-PHYS-109142 ..... 544
4.192. Middle Atmosphere in the Climate System - T-PHYS-108931 ..... 545
4.193. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum - T-PHYS-106133 ..... 546
4.194. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) - T-PHYS-106304 ..... 547
4.195. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum - T-PHYS-102352 ..... 548
4.196. Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) - T-PHYS-106303 ..... 549
4.197. Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation - T-PHYS-102353 ..... 550
4.198. Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF) - T-PHYS-106305 ..... 551
4.199. Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum - T-PHYS-105819 552
4.200. Modern X-Ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktilum (NF) - T-PHYS-105820 553
4.201. Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum - T-PHYS-102354 554
4.202. Modern X-Ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) - T-PHYS-104598 555
4.203. Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen - T-PHYS-102495 ..... 556
4.204. Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-102496 ..... 557
4.205. Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen - T-PHYS-102494 ..... 558
4.206. Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-102497 ..... 559
4.207. Molekulare Elektronik - T-PHYS-109305 ..... 560
4.208. Molekulare Elektronik (NF) - T-PHYS-109306 ..... 561
4.209. Molekülspektroskopie - T-CHEMBIO-104639 ..... 562
4.210. Monte Carlo Ereignisgeneratoren - T-PHYS-109892 ..... 563
4.211. Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF) - T-PHYS-109893 ..... 564
4.212. Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics - T-PHYS-107626 ..... 565
4.213. Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF) - T-PHYS-107627 ..... 566
4.214. Nanomaterials, mit Übungen - T-PHYS-110285 ..... 567
4.215. Nanomaterials, mit Übungen (NF) - T-PHYS-110286 ..... 568
4.216. Nanomaterials, ohne Übungen - T-PHYS-110288 ..... 569
4.217. Nano-Optics - T-PHYS-102282 ..... 570
4.218. Nano-Optics (NF) - T-PHYS-102360 ..... 571
4.219. Neutrinophysik - theoretische Aspekte - T-PHYS-104514 ..... 572
4.220. Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF) - T-PHYS-104637 ..... 573
4.221. Nonlinear Optics - T-ETIT-101906 ..... 574
4.222. Oberflächenphysik, mit Übungen - T-PHYS-102512 ..... 575
4.223. Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102510 ..... 576
4.224. Oberflächenphysik, ohne Übungen - T-PHYS-102513 ..... 577
4.225. Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-102511 ..... 578
4.226. Ocean-Atmosphere Interactions - T-PHYS-108932 ..... 579
4.227. Photovoltaik - T-ETIT-101939 ..... 580
4.228. Physics of Planetary Atmospheres - T-PHYS-109177 ..... 581
4.229. Physik der Lithosphäre, Prüfung - T-PHYS-103678 ..... 582
4.230. Physik der Lithosphäre, Studienleistung - T-PHYS-103574 ..... 583
4.231. Physik der Quanteninformation - T-PHYS-109898 ..... 584
4.232. Physik der Quanteninformation (NF) - T-PHYS-109900 ..... 585
4.233. Physik seismischer Messinstrumente - T-PHYS-104727 ..... 586
4.234. Physik seismischer Messinstrumente (NF) - T-PHYS-105567 ..... 587
4.235. Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum - T-PHYS-102479 ..... 588
4.236. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 1 TL, 8 LP ben - T-PHYS-104384 ..... 589
4.237. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TL, 4 LP ben - T-PHYS-106222 ..... 590
4.238. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TL, 4 LP ben - T-PHYS-106221 ..... 591
4.239. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 2 LP ben - T-PHYS-106225 ..... 592
4.240. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 3 LP ben - T-PHYS-106223 ..... 593
4.241. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 3 LP ben - T-PHYS-106224 ..... 594
4.242. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben - T-PHYS-106226 ..... 595
4.243. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben - T-PHYS-106229 ..... 596

4.244. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben - T-PHYS-106228 ..... 597
4.245. Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben - T-PHYS-106227 ..... 598
4.246. Platzhalter Überfachliche Qualifikation 2 LP - benotet - T-PHYS-104675 ..... 599
4.247. Platzhalter Überfachliche Qualifikation 2 LP - unbenotet - T-PHYS-104677 ..... 600
4.248. Precision Tests of the Standard Model at low Energies - T-PHYS-109909 ..... 601
4.249. QCD und Colliderphysik, mit Übungen - T-PHYS-106670 ..... 602
4.250. QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF) - T-PHYS-106671 ..... 603
4.251. Quantenoptik auf der Nanoskala - T-PHYS-106669 ..... 604
4.252. Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) - T-PHYS-106675 ..... 605
4.253. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen - T-PHYS-108478 ..... 606
4.254. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) - T-PHYS-108479 ..... 607
4.255. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen - T-PHYS-108480 ..... 608
4.256. Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-108481 ..... 609
4.257. Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices - T-PHYS-106134 ..... 610
4.258. Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF) - T-PHYS-106310 ..... 611
4.259. Quantum Physics in One Dimension - T-PHYS-108482 ..... 612
4.260. Quantum Physics in One Dimension (NF) - T-PHYS-108483 ..... 613
4.261. Reflexionsseismisches Processing - T-PHYS-104735 ..... 614
4.262. Reflexionsseismisches Processing (NF) - T-PHYS-105568 ..... 615
4.263. Remote Sensing of Atmospheric State Variables - T-PHYS-109133 ..... 616
4.264. Seismic Data Processing, coursework - T-PHYS-108686 ..... 617
4.265. Seismic Data Processing, final report (graded) - T-PHYS-108656 ..... 618
4.266. Seismic Data Processing, final report (ungraded) - T-PHYS-108657 ..... 619
4.267. Seismology - T-PHYS-110603 ..... 620
4.268. Seismology (NF) - T-PHYS-110604 ..... 621
4.269. Seminar on IPCC Assessment Report - T-PHYS-107692 ..... 622
4.270. Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar - T-PHYS-105131 ..... 623
4.271. Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) - T-PHYS-106325 ..... 624
4.272. Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar - T-PHYS-102504 ..... 625
4.273. Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) - T-PHYS-106324 ..... 626
4.274. Solid State Quantum Technologies - T-PHYS-109890 ..... 627
4.275. Solid State Quantum Technologies - T-PHYS-109889 ..... 628
4.276. Solid-State Optics, mit Übungen - T-PHYS-102279 ..... 629
4.277. Solid-State Optics, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102346 ..... 630
4.278. Solid-State Optics, ohne Übungen - T-PHYS-104773 ..... 631
4.279. Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) - T-PHYS-104774 ..... 632
4.280. Spezialisierungsphase - T-PHYS-102481 ..... 633
4.281. Spintransport in Nanostrukturen - T-PHYS-104586 ..... 634
4.282. Success Control on Selected Topics in Meteorology (Minor) - T-PHYS-109379 ..... 635
4.283. Supraleiter-Nanostrukturen - T-PHYS-104513 ..... 636
4.284. Supraleiter-Nanostrukturen (NF) - T-PHYS-109621 ..... 637
4.285. Symmetrien und Gruppen - T-PHYS-104596 ..... 638
4.286. Symmetrien und Gruppen (NF) - T-PHYS-104597 ..... 639
4.287. Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien - T-PHYS-102393 ..... 640
4.288. Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) - T-PHYS-102444 ..... 641
4.289. Teilchenphysik I - T-PHYS-102369 ..... 642
4.290. Teilchenphysik I (NF) - T-PHYS-102488 ..... 643
4.291. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen - T-PHYS-104783 ..... 644
4.292. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-106316 ..... 645
4.293. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen - T-PHYS-102371 ..... 646
4.294. Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-102424 ..... 647
4.295. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen - T-PHYS-108474 ..... 648
4.296. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-108475 ..... 649
4.297. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen - T-PHYS-108472 ..... 650
4.298. Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-108473 ..... 651
4.299. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen - T-PHYS-108470 ..... 652
4.300. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) - T-PHYS-108471 ..... 653
4.301. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen - T-PHYS-108468 ..... 654
4.302. Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) - T-PHYS-108469 ..... 655
4.303. The ABC of DFT - T-PHYS-105960 ..... 656

4.304. Theoretical Nanooptics - T-PHYS-104587 ... 657
4.305. Theoretical Nanooptics (NF) - T-PHYS-106311 ... 658
4.306. Theoretical Quantum Optics - T-PHYS-110303 ... 659
4.307. Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar - T-PHYS-102365 ... 660
4.308. Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) - T-PHYS-102420 ... 661
4.309. Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar - T-PHYS-104473 ... 662
4.310. Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) - T-PHYS-104474 ... 663
4.311. Theoretische Optik - T-PHYS-104578 ... 664
4.312. Theoretische Optik - Vorleistung - T-PHYS-102305 ... 665
4.313. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen - T-PHYS-102544 ... 666
4.314. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102540 ... 667
4.315. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen - T-PHYS-102546 ... 668
4.316. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen - T-PHYS-102545 ... 669
4.317. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102541 ... 670
4.318. Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen - T-PHYS-102547 ... 671
4.319. Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen - T-PHYS-102552 ... 672
4.320. Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) - T-PHYS-102548 ... 673
4.321. Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen - T-PHYS-102554 ... 674
4.322. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen - T-PHYS-102559 ... 675
4.323. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) - T-PHYS-102557 ... 676
4.324. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen - T-PHYS-102558 ... 677
4.325. Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) - T-PHYS-102556 ... 678
4.326. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen - T-PHYS-106676 ... 679
4.327. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen - T-PHYS-104591 ... 680
4.328. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) - T-PHYS-104592 ... 681
4.329. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen - T-PHYS-102560 ... 682
4.330. Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) - T-PHYS-102562 683
4.331. Theorie seismischer Wellen - T-PHYS-104736 ... 684
4.332. Theorie seismischer Wellen (NF) - T-PHYS-105571 ... 685
4.333. Tropical Meteorology - T-PHYS-107693 ... 686
4.334. Turbulent Diffusion - T-PHYS-108610 ... 687

# 1 Masterstudiengang Physik

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat sich im Rahmen der Umsetzung des Bolognaprozesses zum Aufbau eines Europäischen Hochschulraumes zum Ziel gesetzt, dass am Abschluss der Studierendenausbildung am KIT in der Regel der Mastergrad steht. Die am KIT angebotenen Bachelor- und Masterstudiengänge werden daher als Gesamtkonzept mit konsekutivem Curriculum angesehen. Der Masterstudiengang Physik baut somit auf dem Bachelorstudiengang Physik auf.

Das Fach Physik gehört zu den klassischen Naturwissenschaften. Ein Studium der Physik ist zunächst auf eine wissenschaftliche Tätigkeit als Physiker/in hin ausgerichtet, die an universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und in der Industrie durchgeführt wird. In Bezug auf die Wissenschaft stellt das Masterstudium der Physik am KIT unmittelbar den Kontakt zum primären Arbeitsfeld dar. Dies wird im Studium durch fast ausschließlich forschungsbezogene Vorlesungsinhalte zu aktuellen Forschungsthemen, sowie durch die Masterarbeit sichergestellt. Das Berufsfeld für Physiker/innen ist jedoch nicht auf naturwissenschaftliche Forschung beschränkt, sondern Physiker/innen werden in der Gesellschaft breit eingesetzt. Dies ist auf die zentrale Kompetenz zurückzuführen, dass in der Physik Problemstellungen analysiert, modelliert und nach wissenschaftlichen Standards gelöst werden – eine Fähigkeit, die breit einsetzbar ist und die im Vordergrund der Ausbildung steht.

Der konsekutive Masterstudiengang Physik hat – unter Beibehaltung einer großen fachlichen Breite – einen stark vertiefenden und profilbildenden Charakter. Dies wird durch vielfältige Wahlmöglichkeiten im Bereich der physikalischen Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfächer ermöglicht. Von zentraler Bedeutung ist auch die Masterarbeit, die durch eine Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und eine Spezialisierungsphase vorbereitet wird. Das Masterstudium kann weitgehend nach individuellen Neigungen und Fähigkeiten ausgerichtet werden. Die Anforderungen des Masterstudiengangs Physik setzen eine solide physikalische Grundausbildung voraus, wie sie im Rahmen eines Bachelorstudiums Physik erworben wird. Fehlende Grundlagen können nur in freiwilligen Zusatzstudien erworben werden. Demzufolge haben sich die Studiendekane des Landes Baden-Württemberg auf Anforderungen für Inhalt und Umfang eines Bachelorstudiengangs Physik geeinigt und die KIT-Fakultät für Physik hat eine entsprechende Zugangssatzung für den Masterstudiengang erlassen.

## 1.1 Qualifikationsziele

### 1.1.1 Qualifikationsziele des Studiengangs

Die Absolvent/inn/en des Masterstudienganges Physik kennen die wissenschaftlichen Grundlagen der experimentellen und theoretischen Physik und haben im Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Physikalischen Nebenfach ihre Kenntnisse auf den aktuellen wissenschaftlichen Stand vertieft. Sie besitzen weiterführende Kenntnisse in einem aus einem Fächerkanon wählbaren nichtphysikalischen Wahlpflichtfach. Sie verfügen über die Fähigkeit, die vertieften Konzepte der theoretischen bzw. experimentellen Physik auf forschungsnahe Probleme anzuwenden und nach Lösungsstrategien zu suchen. Im experimentellen Bereich haben sie die Fähigkeit, aus gemessenen Daten auf Zusammenhänge zu schließen, Modelle zu formulieren und Vorhersagen abzuleiten. Absolvent/inn/en mit Vertiefung in der theoretischen Physik haben die Kenntnisse, komplexe Rechnungen durchzuführen und die Resultate im Rahmen der betrachteten Theorie zu interpretieren. Auf der Grundlage des erworbenen Wissens ordnen sie Sachverhalte und Themengebiete fachgerecht ein. Die Absolvent/inn/en beherrschen außerdem das Zusammenfassen von wissenschaftlichen Ergebnissen und Forschungsresultaten in Schrift und Wort und deren didaktisch ansprechende Präsentation. Der erfolgreiche Abschluss des Studienganges ermöglicht eine Tätigkeit in verschiedenen beruflichen Bereichen, wie der universitären und industriellen Forschung und Entwicklung, der Datenanalyse und Optimierung von Prozessen sowie der Programmierung und Hardwareanwendung. Außerdem haben die Absolvent/inn/en die Voraussetzungen erworben, um ein Promotionsstudium in Physik zu beginnen.

Am KIT wird besonderer Wert auf eine forschungsnahe Lehre gelegt. Im Masterbereich haben die Studierenden eine große Wahlmöglichkeit, sich nach Ihren Interessen zu spezialisieren und engen Kontakt zur Forschung im Hochschulbereich sowie im Großforschungsbereich zu gelangen.

Die Kombination des Bachelor- und Masterstudiengangs ist äquivalent zum früheren Diplomstudiengang. Die Definition der allgemeinen Qualifikationsziele auf Studiengangsebene des Bachelors und Masters in Physik wird in der „Konferenz der Fachbereiche Physik“ deutschlandweit und mit Rücksicht auf die internationale Lehr- und Forschungslandschaft koordiniert, um einen Wechsel während des Studiums innerhalb Deutschlands zu ermöglichen und ein international definiertes Berufsfeld zu sichern.

### 1.1.2 Qualifikationsziele der einzelnen Fächer

#### 1.1.2.1 Physikalisches Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach

Die Studierenden entscheiden selbst über die Schwerpunkte in ihrem Masterstudium und vertiefen ihr Wissen in ausgewählten Fächern. Durch die forschungsnahe Ausbildung erhalten sie Kenntnisse, die sie in die Lage versetzt selbstständig aktuelle Forschungsthemen zu bearbeiten. Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach müssen aus verschiedenen Themenfeldern gewählt werden. Dies ermöglicht es den Studierenden, tiefere Einblicke in dem Gebiet zu erhalten, das im Fokus des Interesses steht, ohne dass die Breite darunter leidet. Die Studierenden lernen, sich mit forschungsnahen Fragestellungen auseinanderzusetzen und die aktuelle Literatur zu verwenden, um nach Lösungsansätzen zu suchen. Sie eignen sich moderne Messmethoden an und lernen Rechentechniken kennen, die zur Bearbeitung der Masterarbeit benötigt werden.

#### 1.1.2.2 Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

Das nichtphysikalische Wahlpflichtfach mathematischer, naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Richtung kann aus den Veranstaltungen anderer Fakultäten gewählt werden. Hier werden fachliche Kompetenzen aus benachbarten Disziplinen erlernt, auch um vielfältige Möglichkeiten auf dem Arbeitsmarkt zu eröffnen.

#### 1.1.2.3 Fortgeschrittenenpraktikum

Im Fortgeschrittenenpraktikum werden moderne experimentelle Methoden und Techniken erlernt. Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene Fähigkeiten bei Versuchsaufbau, Messung und Auswertung der Messdaten.

#### 1.1.2.4 Hauptseminar

Die Studierenden eignen sich Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie der Vorträge der anderen Teilnehmer an. Sie erlernen das selbstständige Sammeln von wissenschaftlichem Material, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die ansprechende Gestaltung mithilfe moderner Präsentationsmedien, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

#### 1.1.2.5 Additive überfachliche Qualifikationen

Die Studierenden erwerben Kompetenzen jenseits der fachlichen Expertise. Module in den Bereichen Wissenschaftliches Englisch, Patentrecht, Projektmanagement, Tutorenprogramme, Wissenschaftliches Schreiben oder Wissenschaft in der Öffentlichkeit werden durch das House of Competence (HoC) und das Sprachenzentrum regelmäßig angeboten.

#### 1.1.2.6 Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und Spezialisierungsphase

Im Fach „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ erlernen die Studierenden grundlegende Arbeitsmethoden, die für erfolgreiche wissenschaftliche Forschung erforderlich sind. Die Arbeitsmethoden selbst sind dabei unabhängig vom jeweiligen Spezialgebiet, werden aber anhand einer konkreten Aufgabenstellung (Thema der Masterarbeit) geübt und erlernt. Die Studierenden werden dabei vom zukünftigen Betreuer bzw. von der zukünftigen Betreuerin der Masterarbeit angeleitet. Außerdem besuchen die Studierenden begleitend zu Ihrem Studium Seminare und Kolloquien aus dem Angebot der Physik und verschaffen sich so einen Überblick über aktuelle Forschungsthemen. Dabei lernen sie durch Teilnahme an Fachvorträge zu Spezialthemen, die nicht ihrem Spezialisierungsgebiet angehören, und durch geeignete Fragen an den Vortragenden ihre Kenntnisse zu erweitern.

Im Fach „Spezialisierungsphase“ bearbeitet der bzw. die Studierende selbstständig eine konkrete Aufgabenstellung, die im Zusammenhang mit der zukünftigen Masterarbeit steht. Dies kann z.B. die Durchführung von Messungen, die Erstellung eines Programms oder die Entwicklung eines theoretischen Ansatzes sein. Auf diese Weise erlernen die Studierenden wesentliche Arbeitstechniken für die Bearbeitung ihrer Masterarbeit, die spezifisch für das jeweilige Spezialisierungsgebiet sind. Die Studierenden werden auch dabei vom zukünftigen Betreuer bzw. von der zukünftigen Betreuerin der Masterarbeit angeleitet. Begleitend besuchen die Studierenden das Seminar des Forschungsbereichs, in dem sie ihre Masterarbeit anfertigen werden. Hier können sie auch die von ihnen durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse zur kritischen Diskussion stellen. Sie lernen dabei, ihre eigenen Arbeiten vor Dritten zu präsentieren und Anregungen aus der wissenschaftlichen Diskussion für die weitere Vorgehensweise aufzunehmen.

#### 1.1.2.7 Masterarbeit

Die Masterarbeit ist neben dem Schwerpunkt-, dem Ergänzung- und dem Nebenfach zentraler Bestandteil der Profilbildung und Vertiefung. Im Rahmen einer Masterarbeit erwirbt der bzw. die Studierende die Fähigkeit, ein wissenschaftliches Problem selbstständig zu analysieren, geeignete Lösungen zu entwickeln, die Ergebnisse zu interpretieren und die wesentlichen Resultate mittels einer Niederschrift entsprechend darzustellen. Außerdem werden überfachliche Qualifikationen wie geplantes, zielführendes Arbeiten, Messtechnik, Protokollführung, Teamarbeit und Teamverantwortung erworben. Die Masterarbeit wird durch die Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und die Spezialisierungsphase vorbereitet.

### 1.1.3 Leistungspunkte-System

Die Leistungspunkte werden auf Modulebene einzeln definiert. Dabei entspricht einem ECTS- (European Credt Transfer System) oder Leistungspunkt ca. 30 Stunden Zeitaufwand. Der Zeitaufwand ist im einzelnen aufgeschlüsselt nach reiner Präsenz-, Vor- und Nachbereitungszeit für Vorlesungen, Übungen und Tutorien sowie die Vorbereitung auf eventuell dazugehörige Prüfungen.

## 1.2 Studienplan für den Masterstudiengang Physik

### 1.2.1 Einleitung

Die Studien- und Prüfungsordnung des Masterstudienganges Physik (SPO MA Physik) sieht zum erfolgreichen Abschluss des Studiums den Erwerb von 120 ECTS-Punkten vor. Zur Qualitätssicherung dient eine obligatorische Masterarbeit, mit einer Bearbeitungszeit von 6 Monaten; sie wird mit 30 ECTS-Punkten bewertet. Die Regelstudienzeit beträgt vier Semester einschließlich der Masterarbeit. Mit bestandener Masterprüfung wird der akademische Grad „Master of Science (M. Sc.)“ durch das Karlsruher Institut für Technologie verliehen.

Im Folgenden wird ein Überblick über den Ablauf des Masterstudienganges Physik gegeben. Die expliziten Durchführungsregelungen des Studienganges und der Prüfungen finden sich in der Studien- und Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Physik vom 1. Oktober 2008 und der Änderungssatzung vom 21. April 2011 (siehe Amtliche Bekanntmachungen der Universität Karlsruhe (TH) vom 10. September 2008 und des KIT vom 21. April 2011 sowie der Studien- und Prüfungsordnung vom 6. August 2015; die Dokumente können über die Internetseite der Fakultät für Physik eingesehen werden). Bei Fragen zur Prüfungsordnung, zu Anerkennungen von Leistungen, zum Studieninhalt, oder zur Zulassung und Anmeldung von Prüfungen finden Sie auf dem Informationsblatt „Wer ist zuständig in Fragen zum Studium und in Prüfungsangelegenheiten“ (siehe schwarzes Brett oder Internetseite der Fakultät) den jeweiligen Ansprechpartner. Die detaillierten Beschreibungen der Lehrveranstaltungen und die jeweiligen Regeln der Leistungsüberprüfung finden Sie im Abschnitt „Übersicht über die einzelnen Module“.

## 1.2.2 Lehrveranstaltungen

**a) Physikalisches Schwerpunkt-, Ergänzungs- und Nebenfach**

Im Zentrum des Masterstudiums stehen eine Vertiefung und Spezialisierung der in einem Bachelorstudium erworbenen Grundkenntnisse und Methoden bei gleichzeitiger Wahrung der fachlichen Breite. Das Masterstudium kann weitgehend nach individuellen Neigungen und Fähigkeiten ausgerichtet werden. Dazu bietet die Fakultät eine Auswahl von sieben physikalischen Themenfeldern an, welche die Forschungsaktivitäten der Fakultät widerspiegeln. Die für die entsprechenden Veranstaltungen hauptsächlich verantwortlichen Institute werden im Folgenden in Klammern aufgeführt. Über aktuelle Forschungsschwerpunkte informieren die Internetseiten der einzelnen Institute.

Die Themenfelder sind gegliedert in den Bereich der experimentellen Physik (Bereich A): Kondensierte Materie (PI, AP), Nano-Physik (PI, AP, TKM, TFP), Optik und Photonik (AP, TFP), Teilchenphysik (ETP) und Astroteilchenphysik (ETP), und in den Bereich der theoretischen Physik (Bereich B): Theoretische Teilchenphysik (TTP, TP) sowie Theorie der Kondensierten Materie (TKM, TFP). Aus jeweils einem dieser Themenfelder werden das physikalische Schwerpunktfach im Umfang von 20 ECTS-Punkten, das physikalische Ergänzungsfach mit 14 ECTS-Punkten und das Nebenfach mit 8 ECTS-Punkten zusammengestellt. Mindestens ein Fach muss aus dem Bereich der theoretischen Physik bzw. aus dem Bereich der experimentellen Physik stammen. Ergänzungsfach oder Nebenfach können auch aus geeigneten Veranstaltungen der Geophysik oder der Meteorologie gewählt werden (Bereich C).

Die Fachnoten werden wie folgt gebildet: Nachdem in den entsprechenden Modulen die zugehörigen ECTS-Punkte durch die vereinbarten Erfolgskontrollen erworben worden sind, erfolgt im Fall des Schwerpunktfachs eine mündliche Einzelprüfung, bei der die Fachnote festgelegt wird. Das Hauptseminar (4 ECTS-Punkte, s.u.) kann zum Erfüllen der für das Schwerpunktfach benötigten 20 ECTS-Punkte verwendet werden, ist aber nicht Inhalt der mündlichen Prüfung. Im Fall des Ergänzungsfachs kann die Note mit Hilfe von Erfolgskontrollen wie beispielsweise mündlichen Prüfungen (Einzel- oder Gruppenprüfungen), kurzen Vorträgen (vorlesungsbegleitend oder blockartig am Ende des Semesters), kurzen schriftlichen Ausarbeitungen begrenzter Themen oder Klausuren ermittelt werden. Bei dem physikalischen Nebenfach erfolgt keine Benotung. Als Erfolgskontrollen sind neben den bereits aufgeführten auch die erfolgreiche Beteiligung an vorlesungsbegleitenden Übungen geeignet. Die Vorlesungen werden im experimentellen Bereich durch ein Praktikum in moderner Physik ergänzt.

**b) Hauptseminar**

Seit der SPO 2015 ist ein Hauptseminar im Umfang von 4 ECTS-Punkten in einem der drei Fächer Schwerpunkt-, Ergänzungs-, oder Nebenfach zu wählen. Im Hauptseminar wird in einem der Themenfelder Fachwissen vertieft und insbesondere wissenschaftliche Präsentationstechniken erlernt. Das Hauptseminar ist unbenotet.

**c) Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach**

Das nichtphysikalische Wahlpflichtfach mathematischer, naturwissenschaftlicher oder ingenieurwissenschaftlicher Richtung (8 ECTS-Punkte) kann aus den Veranstaltungen anderer Fakultäten gewählt werden. Der Prüfungsausschuss veröffentlicht eine entsprechende Liste von pauschal genehmigten Modulen. Andere geeignete Kombinationen aus der Mathematik oder den Natur- und Ingenieurwissenschaftlichen Fächern von 6 SWS Umfang (wovon mindestens 4 SWS Vorlesungen sein sollen) können vom Prüfungsausschuss genehmigt werden.

**d) Additive überfachliche Qualifikationen**

Neben den integrativen überfachlichen Qualifikationen müssen additive überfachliche Qualifikationen im Umfang von 4 ECTS-Punkten erworben werden. Derzeit werden alle vom HoC und vom Sprachenzentrum angebotenen Veranstaltungen als additive überfachliche Qualifikationen genehmigt. Hiervon abweichende Module müssen vom Prüfungsausschuss explizit genehmigt werden.

**e) Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten, Spezialisierungsphase und Masterarbeit**

Die Masterarbeit, die im vierten Semester des Masterstudiums stattfindet, wird im dritten Semester durch eine Spezialisierungsphase und eine Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten vorbereitet. In beiden Fächern werden fundierte Grundlagen und (in integrativer Form) überfachliche Qualifikationen des „Wie treibt man Forschung“ vermittelt. Die Anmeldung zu den Modulen „Spezialisierungsphase“ und „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ kann erst erfolgen nachdem die Modulprüfungen in folgenden Fächern erfolgreich abgelegt sind: Physikalisches Schwerpunktfach, Physikalisches Ergänzungsfach, Physikalisches Nebenfach, physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum, Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach. Die Anmeldung zur Spezialisierungsphase, zur Einführung in das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten und zur Masterarbeit erfolgt im Prüfungssekretariat der KIT-Fakultät für Physik (Physikhochhaus, Zimmer 9/13). Vor Beginn der Spezialisierungsphase sollen alle anderen Prüfungen bestanden sein.

### 1.2.3 Anmeldung zu Leistungsüberprüfungen und Fachprüfungen

Zentrale online-Anmeldungen sind derzeit nicht möglich. Prüfungsanmeldungen erfolgen im Prüfungssekretariat der KIT-Fakultät für Physik.

Die erfolgreiche Teilnahme an Lehrveranstaltungen wird bei Bedarf über Bescheinigungen bestätigt, die der Dozent ausstellt.

### 1.2.4 Notenbildung

Die Gesamtnote der Masterprüfung errechnet sich aus einem mit Leistungspunkten gewichteten Notendurchschnitt des Schwerpunktfaches (20 ECTS-Punkte), des physikalischen Ergänzungsfaches (14 ECTS-Punkte), des nichtphysikalischen Wahlpflichtfachs (8 ECTS-Punkte) und der Masterarbeit (30 ECTS-Punkte).

### 1.2.5 Organisation der Fächer

- Schwerpunktfach (SF) 20 ECTS-Punkte
- Ergänzungsfach (EF) 14 ECTS-Punkte
- Nebenfach (NF) 8 ECTS-Punkte
- Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach (WPF) 8 ECTS-Punkte

Das Schwerpunktfach (SF), das Ergänzungsfach (EF) sowie das Nebenfach (NF) werden aus den Veranstaltungen der Fakultät für Physik zusammengestellt. Es gibt einige wenige Ausnahmen, die in der nachstehenden Liste mit extern gekennzeichnet sind.

Grundsätzlich gilt, dass die Studierenden sich erst im Laufe oder nach Abschluss des zweiten Semesters für die Aufteilung der besuchten Veranstaltungen in SF, EF und NF entscheiden müssen. Es müssen aber die nachfolgend aufgeführten, allgemeingültigen Regeln beachtet werden.

Das nichtphysikalische Wahlpflichtfach (WPF) mathematischer, natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Richtung wird aus Veranstaltungen anderer Fakultäten zusammengestellt. Abweichend von der oben genannten Positivliste von Veranstaltungen bzw. bewährten Kombinationen von Veranstaltungen können Studierende andere Veranstaltungen bzw. Kombinationen als WPF beantragen, die nach Prüfung durch den Prüfungsausschuss ggf. genehmigt werden. Vor Beginn des Studiums eines bisher nicht genehmigten Nebenfaches wird daher eine Beratung in der Sprechstunde des Prüfungsausschusses dringend empfohlen.

**Schwerpunktfächer (SF)**

Themenfelder Bereich A: Experimentelle Physik

- Kondensierte Materie
- Nanophysik
- Optik und Photonik
- Experimentelle Teilchenphysik
- Experimentelle Astroteilchenphysik

Themenfelder Bereich B: Theoretische Physik

- Theoretische Teilchenphysik
- Theorie der Kondensierten Materie

Bei den Schwerpunktfächern gibt es Veranstaltungen, die verpflichtend sind. Diese Pflichtveranstaltungen können dann durch die anderen für dieses Schwerpunktfach aufgeführten Veranstaltungen ergänzt werden.

**Ergänzungsfächer (EF)**

Ergänzungsfächer setzen sich aus Teilen der Themenfelder zusammen. Beispiele sind Halbleiterphysik und -optik, Experimentelle Teilchenphysik und Datenanalyse, Theoretische Teilchenphysik I und Supersymmetrie etc. Bei den Ergänzungsfächern kann es verpflichtende Veranstaltungen geben.

**Nebenfach (NF)**

Das Nebenfach besteht in der Regel aus einzelnen Veranstaltungen aus einem der Themenbereiche, z. B. Halbleiterphysik, Teilchenphysik I, Theoretische Teilchenphysik I etc.

**Allgemeingültige Regeln für die Auswahl der Fächer und Modulkombinationen:**

- Die Prüfenden im SF, EF, NF und WPF müssen verschieden sein.
- Mindestens ein Fach muss aus dem Bereich der Theoretischen Physik bzw. aus der Experimentellen Physik stammen. Falls nur ein einziges experimentelles Themenfeld gewählt wurde, ist es nicht möglich, die notwendigen ECTS-Punkte durch die in diesem Themenfeld gelisteten Theorie-Vorlesungen zu erwerben.
- Aus anderen Fakultäten stammende und stark physiknahe Vorlesungen (z.B. Nichtlineare Optik) können nach Genehmigung durch den Prüfungsausschuss zu einem Fach kombiniert werden.
- Geophysik oder Meteorologie können als EF oder NF (festgelegte Veranstaltungen) gewählt werden. Leistungen, die im Bachelorstudium als Teil des nichtphysikalischen Wahlpflichtfaches erbracht worden sind, können nicht ein weiteres Mal im Masterstudium verwendet werden.

- Für das nichtphysikalische Wahlpflichtfach (WPF) wird eine Positivliste erarbeitet, alle anderen Veranstaltungen sind zustimmungspflichtig.
- Die Regeln für die vorgeschriebenen Veranstaltungen der einzelnen Themenfelder müssen für das EF und SF individuell erfüllt sein.

## 1.3 Graphische Darstellung des Studienplans

| Sem | Physikalisches Schwerpunktfach und Masterarbeit | Physikalisches Ergänzungsfach | Physikalisches Nebenfach | Praktika | Nichtphysik. Wahlpfl.fach | Überfachliche Qualifikationen | LP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Module des Physik. Schwerpunktfachs 8 | Module des Physik. Ergänzungsfachs 8 | Module des Physik. Nebenfachs* 8 | Fortgeschrittenenpraktikum* P4 6 | | | 30 |
| 2 | Module des Physik. Schwerpunktfachs 12 | Module des Physik. Ergänzungsfachs 6 | | | Module des Nichtphysik. Wahlpfl.fachs* 8 | ÜQ - überfachl. Qualifikationen* 4 | 30 |
| 3 | Spezialisierungsphase 15 Einf. wiss. Arbeiten 15 | | | | | | 30 |
| 4 | Masterarbeit 30 | | | | | | 30 |
| | | | | | | | Summe: 120 |

* Das Physikalische Nebenfach, das Fortgeschrittenenpraktikum, das Nichtphysikalische Wahlpflichtfach sowie die überfachlichen Qualifikationen werden sowohl im Sommer- als auch im Wintersemester angeboten und können je nach Vorliebe belegt werden. Überlast in einem Semester ist zu vermeiden.

## Bereich A: Experimentelle Physik

## Kondensierte Materie

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I (mit/ohne Übungen)<br>*Electronic Properties of Solids I (with/without exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0 | 10/8 | A | ✓ |
| Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II (mit/ohne Übungen)<br>*Electronic Properties of Solids II (with/without exercises)* | | SS | v2u2/v2u0 | 8/4 | B | ✓ |
| Halbleiterphysik (mit/ohne Übungen)<br>*Physics of Semiconductors (with/without exercises)* | | SS | v4u1/v4u0 | 10/8 | C | ✓ |
| Elektronenmikroskopie I (mit/ohne Übungen)<br>*Electron Microscopy I (with/without exercises)* | | SS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Oberflächenphysik (mit/ohne Übungen)<br>*Physics of Solid State Surfaces (with/without exercises)* | | | v4u1/v4u0 | 10/8 | D | ✓ |
| Solid-State Optics (mit/ohne Übungen)<br>*Solid-State Optics (with/without exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0* | 10/8* | E | ✓ |

| ***weitere Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Festkörperspektroskopie (mit Übungen)<br>*Solid-State Spectroscopy (with Exercises)* | ✓ | | v2u1 | 6 | | |
| Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices<br>*Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices* | | | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Solid State Quantum Technologies<br>*Solid State Quantum Technologies* | | | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics<br>*Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics* | ✓ | | v2 | 4 | | ✓ |
| Supraleiter-Nanostrukturen<br>*Superconducting Nanostructures* | ✓ | | v2u1 | 6 | | ✓ |
| Spintransport in Nanostrukturen<br>*Spin Transport in Nanostructures* | | | v2u1 | 6 | | |
| Nanomaterials (mit/ohne Übungen)<br>*Nanomaterials (with/without Exercises)* | ✓ | WS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Elektronenmikroskopie II (mit/ohne Übungen)<br>*Electron Microscopy II (with/without exercises)* | | WS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Beschleunigerphysik II: Synchrotronstrahlungsquellen **<br>*Physics of Accelerators II: Sources of Synchrotron Radiation* | | | v2u1 | 6 | | |
| Beschleunigerphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Accelerator Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0 | 8/6 | | ✓ |
| Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (mit/ohne Praktikum)<br>*Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (with/without lab)* | ✓ | WS | v2u2p2/v2u2 | 10/8 | | ✓ |
| Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation<br>*Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation* | ✓ | WS | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Molekulare Elektronik<br>*Molecular Electronics* | | | v2u1 | 6 | | ✓ |

* ab WS 16/17 nur noch als v4u0
** nur bis WS 18/19

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind **A oder C:** „Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I“ oder „Halbleiterphysik“

**Ergänzungsfach (EF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen: **mindestens eine** der Veranstaltungen **A, B, C, D, E**

**Nebenfach (NF):**
Alle Veranstaltungen, bei denen die Spalte ***NF*** mit ✓ markiert ist, können verwendet werden

## Nanophysik

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Grundlagen der Nanotechnologie I<br>*Basics of Nanotechnology I* | ✓ | WS | v2 | 4 | A | ✓ |
| Grundlagen der Nanotechnologie II<br>*Basics of Nanotechnology II* | | SS | v2 | 4 | B | ✓ |
| Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I (mit/ohne Übungen)<br>*Electronic Properties of Solids I (with/without exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0 | 10/8 | C | ✓ |
| Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II (mit/ohne Übungen)<br>*Electronic Properties of Solids II (with/without exercises)* | | SS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Halbleiterphysik (mit/ohne Übungen)<br>*Physics of Semiconductors (with/without exercises)* | | SS | v4u1/v4u0 | 10/8 | D | ✓ |
| Oberflächenphysik (mit/ohne Übungen)<br>*Physics of Solid State Surfaces (with/without exercises)* | | | v4u1/v4u0 | 10/8 | E | ✓ |
| Elektronenmikroskopie I (mit/ohne Übungen)<br>*Electron Microscopy I (with/without exercises)* | | SS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Nano-Optics<br>*Nano-Optics* | ✓ | WS | v3u1 | 8 | | ✓ |

| ***weitere Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Experimentelle Biophysik II (mit/ohne Seminar)<br>*Experimental Biophysics II (with/without seminar)* | | SS | v4u2s2/v4u2 | 14/12 | F | ✓ |
| Elektronenmikroskopie II (mit/ohne Übungen)<br>*Electron Microscopy II (with/without exercises)* | | WS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Elektronenoptik (mit/ohne Übungen)<br>*Electron Optics (with/without exercises)* | | | v2u1/v2u0 | 6/4 | | ✓ |
| Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (mit/ohne Praktikum)<br>*Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (with/without lab)* | ✓ | WS | v2u2p2/v2u2 | 10/8 | | ✓ |
| Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation<br>*Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation* | ✓ | WS | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen<br>*Electronic Properties of Nanostructures* | | | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Supraleiter-Nanostrukturen<br>*Superconducting Nanostructures* | ✓ | | v2u1 | 6 | | ✓ |
| Simulation nanoskaliger Systeme (mit/ohne Seminar)<br>*Simulation of Nanoscale Systems (with/without seminar)* | | | v2u1s2/v2u1 | 8/6 (**T**) | | ✓ |
| Theoretical Nanooptics<br>*Theoretical Nanooptics* | ✓ | | v2u1 | 6 (**T**) | | ✓ |
| Spintransport in Nanostrukturen<br>*Spin Transport in Nanostructures* | | | v2u1 | 6 | | |
| Nanomaterials (mit/ohne Übungen)<br>*Nanomaterials (with/without Exercises)* | ✓ | WS | v2u2/v2u0 | 8/4 | | ✓ |
| Theoretische molekulare Biophysik (mit/ohne Seminar)<br>*Theoretical Molecular Biophysics (with/without seminar)* | ✓ | | v2u1s2/v2u1 | 8/6 (**T**) | | ✓ |
| Theoretical Optics<br>*Theoretical Optics* | | SS | v2u1 | 6 (**T**) | | ✓ |
| Physik der Quanteninformation<br>*Physics of Quantum Information* | | | v2u1 | 6 (**T**) | | ✓ |
| Theoretical Quantum Optics **<br>*Theoretical Quantum Optics* | ✓ | | v2u1 | 6 (**T**) | | |
| Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices<br>*Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices* | | | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Quantenoptik auf der Nanoskala<br>*Quantum Optics at the Nano Scale* | | | v2 | 4 | | ✓ |
| Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen (mit/ohne Übungen)<br>*Quantum Optics at the Nano Scale: Basics and Applications (with/without exercises)* | | | v3u1/v3u0 | 8/6 | | ✓ |
| Solid State Quantum Technologies<br>*Solid State Quantum Technologies* | | | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Computational Photonics (with/without ext. exercises)<br>*Computational Photonics (with/without ext. exercises)* | | | v2u2/v2u1 | 8/6 (**T**) | | ✓ |
| Computational Condensed Matter Physics<br>*Computational Condensed Matter Physics* | | | v4u2 | 12 (**T**) | | ✓ |
| Molekulare Elektronik<br>*Molecular Electronics* | | | v2u1 | 6 | | ✓ |

* ab WS 16/17 nur noch als v2u1
** Identisch zu „Quantum Optics“ (angeboten bis WS 18/19)
(**T**) Theorievorlesung – nicht geeignet, wenn „Nanophysik“ das einzige experimentelle Fach ist.

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind
- **A und B**: „Grundlagen der Nanotechnologie I“ und „Grundlagen der Nanotechnologie II“
- **sowie eine** Veranstaltung aus **C, D, E, F**

**Ergänzungsfach (EF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind **A und B**: „Grundlagen der Nanotechnologie I“ und „Grundlagen der Nanotechnologie II“

**Nebenfach (NF):**
Alle Veranstaltungen, bei denen die Spalte ***NF*** mit ✓ markiert ist, können verwendet werden

## Optik und Photonik

| *Veranstaltungen* | *WS19/20* | *Reg.* | *SWS* | *ECTS* | *SF/EF* | *NF* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Solid-State Optics (mit/ohne Übungen)<br>*Solid-State Optics (with/without exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0* | 10/8* | A | ✓ |
| Nano-Optics<br>*Nano-Optics* | ✓ | WS | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Theoretical Optics<br>*Theoretical Optics* | | SS | v2u1 | 6 (**T**) | B | ✓ |
| Theoretical Nanooptics<br>*Theoretical Nanooptics* | ✓ | | v2u1 | 6 (**T**) | | ✓ |
| Molekülspektroskopie (extern)<br>*Molecular Spectroscopy (extern)* | ✓ | WS | v2u1 | 6 | Ext. | |
| Nonlinear Optics (extern)<br>*Nonlinear Optics (extern)* | | SS | v2u2 | 6 | Ext. | |
| Photovoltaik (extern)<br>*Photovoltaics (extern)* | | SS | v4 | 6 | Ext. | |

| *weitere Veranstaltungen* | *WS19/20* | *Reg.* | *SWS* | *ECTS* | *SF/EF* | *NF* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (mit/ohne Praktikum)<br>*Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering (with/without lab)* | ✓ | WS | v2u2p2/v2u2 | 10/8 | C | ✓ |
| Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography (mit/ohne Praktikum)<br>*Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography (with/without lab)* | | SS | v2u2p2/v2u2 | 10/8 | D | ✓ |
| Experimentelle Biophysik II (mit/ohne Seminar)<br>*Experimental Biophysics II (with/without seminar)* | | SS | v4u2s2/v4u2 | 14/12 | E | ✓ |
| Theoretical Quantum Optics **<br>*Theoretical Quantum Optics* | ✓ | | v2u1 | 6 (**T**) | F | |
| Computational Photonics (with/without ext. exercises)<br>*Computational Photonics (with/without ext. exercises)* | | | v2u2/v2u1 | 8/6 (**T**) | G | ✓ |
| Quantenoptik auf der Nanoskala<br>*Quantum Optics at the Nano Scale* | | | v2 | 4 | H | ✓ |
| Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen (mit/ohne Übungen)<br>*Quantum Optics at the Nano Scale: Basics and Applications (with/without exercises)* | | | v3u1/v3u0 | 8/6 | I | ✓ |

* ab WS 16/17 nur noch als v4u0
** Identisch zu „Quantum Optics“ (angeboten bis WS 18/19)
(**T**) Theorievorlesung – nicht geeignet, wenn „Optik und Photonik“ das einzige experimentelle Fach ist.

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind **A und B**: „Solid-State Optics“ und „Theoretical Optics“

**Ergänzungsfach (EF):**
- **Maximal eine** Veranstaltung aus dem **externen Angebot („Ext.“)**
- **Maximal eine** Veranstaltung aus den **weiteren Veranstaltungen (C-I)**

**Nebenfach (NF):**
Alle Veranstaltungen, bei denen die Spalte ***NF*** mit ✓ markiert ist, können verwendet werden

## Experimentelle Teilchenphysik

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Teilchenphysik I<br>*Particle Physics I* | ✓ | WS | v3p2 | 8 | A | ✓ |
| Moderne Methoden der Datenanalyse (mit/ohne erw. Übungen)*<br>*Modern Methods of Data Analysis (with/without ext. exercises)* | | SS | v2p4/v2p2 | 8/6 | | ✓ |
| Elektronik für Physiker<br>*Electronics for Physicists* | ✓ | WS | v4p4 | 10 | B | ✓ |
| Elektronik für Physiker: Analogelektronik<br>*Electronics for Physicists: Analog Electronics* | ✓ | WS | v2p2 | 6 | C | ✓ |
| Elektronik für Physiker: Digitalelektronik<br>*Electronics for Physicists: Digital Electronics* | ✓ | WS | v2p2 | 6 | D | ✓ |
| Beschleunigerphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Accelerator Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0 | 8/6 | | ✓ |
| Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Measurement Methods and Techniques in Experimental Physics (with/without ext. exercises)* | | SS | v2u1p2/v2u1 | 8/6 | | ✓ |
| Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Detectors for Particle and Astroparticle Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v2p4/v2p2 | 8/6 | | ✓ |

| ***weitere Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Teilchenphysik II – Flavour-Physik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Particle Physics II – Flavor Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v2u2/v2u1 | 8/6 | E | ✓ |
| Teilchenphysik II – W, Z, Higgs am Collider (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Particle Physics II – W, Z, Higgs at Colliders (with/without ext. exercises)* | | SS | v2u2/v2u1 | 8/6 | F | ✓ |
| Teilchenphysik II – Top-Quarks und Jets am LHC (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Particle Physics II – Top Quarks and Jets at the LHC (with/without ext. exercises)* | | SS | v2u2/v2u1 | 8/6 | G | ✓ |
| Hadronische Wechselwirkungen<br>*Hadronic Interactions* | ✓ | | v2 | 4 (**T**) | | |

* nur anrechenbar, wenn nicht gleichzeitig „Methods of Data Analysis“ aus Meteorologie im EF/NF „Meteorologie“ verwendet wird.
(**T**) Theorievorlesung – nicht geeignet, wenn „Experimentelle Teilchenphysik“ das einzige experimentelle Fach ist.

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind
- **A** („Teilchenphysik I“)
- **und eine aus E, F, G** („Teilchenphysik II“)

**Ergänzungsfach (EF):**
Vorgeschrieben ist die Veranstaltung **A** („Teilchenphysik I“)

**Nebenfach (NF):**
Alle Veranstaltungen, bei denen die Spalte ***NF*** mit ✓ markiert ist, können verwendet werden

**Zusätzliche Einschränkung:**
Es kann **entweder B** („Elektronik für Physiker“) **oder eine aus C oder D** („Analogelektronik“ oder „Digitalelektronik“) als Bestandteil des SF, EF oder NF gewählt werden

## Experimentelle Astroteilchenphysik

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Astroteilchenphysik I<br>*Astroparticle Physics I* | ✓ | WS | v3u1 | 8 | A | ✓ |
| Einführung in die Kosmologie<br>*Introduction to Cosmology* | ✓ | WS | v2u1 | 6 | B | ✓ |
| Moderne Methoden der Datenanalyse (mit/ohne erw. Übungen)*<br>*Modern Methods of Data Analysis (with/without ext. exercises)* | | SS | v2p4/v2p2 | 8/6 | | ✓ |
| Elektronik für Physiker<br>*Electronics for Physicists* | ✓ | WS | v4p4 | 10 | C | ✓ |
| Elektronik für Physiker: Analogelektronik<br>*Electronics for Physicists: Analog Electronics* | ✓ | WS | v2p2 | 6 | D | ✓ |
| Elektronik für Physiker: Digitalelektronik<br>*Electronics for Physicists: Digital Electronics* | ✓ | WS | v2p2 | 6 | E | ✓ |
| Beschleunigerphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Accelerator Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v4u1/v4u0 | 8/6 | | ✓ |
| Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Measurement Methods and Techniques in Experimental Physics (with/without ext. exercises)* | | SS | v2u1p2/v2u1 | 8/6 | | ✓ |
| Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Detectors for Particle and Astroparticle Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v2p4/v2p2 | 8/6 | | ✓ |

| ***weitere Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Astroparticle Physics II – Cosmic Rays (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v2u2/v2u1 | 8/6 | F | ✓ |
| Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Astroparticle Physics II – Gamma Rays (with/without ext. exercises)* | | SS | v2u2/v2u1 | 8/6 | G | ✓ |
| Astroteilchenphysik II – Teilchen und Sterne (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Astroparticle Physics II – Particles and Stars (with/without ext. exercises)* | | SS | v2u2/v2u1 | 8/6 | H | ✓ |
| Neutrinophysik – Theoretische Aspekte<br>*Neutrino Physics – Theoretical Aspects* | ✓ | | v2u2 | 8 (**T**) | | ✓ |
| Dunkle Materie – Theoretische Aspekte<br>*Dark Matter – Theoretical Issues* | | | v2u1 | 6 (**T**) | | ✓ |
| Allgemeine Relativitätstheorie<br>*General Relativity* | | | v3u2 | 10 (**T**) | | ✓ |
| Hadronische Wechselwirkungen<br>*Hadronic Interactions* | ✓ | | v2 | 4 (**T**) | | |

* nur anrechenbar, wenn nicht gleichzeitig „Methods of Data Analysis“ aus Meteorologie im EF/NF „Meteorologie“ verwendet wird.
(**T**) Theorievorlesung – nicht geeignet, wenn „Experimentelle Astroteilchenphysik“ das einzige experimentelle Fach ist.

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind
- **A oder B**: „Astroteilchenphysik I“ oder „Einführung in die Kosmologie“
- **kombiniert mit einer** Veranstaltung aus **F, G, H** („Astroteilchenphysik II“)

**Ergänzungsfach (EF):**
Vorgeschrieben sind die Veranstaltungen **A oder B**: „Astroteilchenphysik I“ oder „Einführung in die Kosmologie“

**Nebenfach (NF):**
Alle Veranstaltungen, bei denen die Spalte ***NF*** mit ✓ markiert ist, können verwendet werden

**Zusätzliche Einschränkung:**
Es kann **entweder C** („Elektronik für Physiker“) **oder eine aus D oder E** („Analogelektronik“ oder „Digitalelektronik“) als Bestandteil des SF, EF oder NF gewählt werden

## Bereich B: Theoretische Physik

## Theoretische Teilchenphysik

| *Veranstaltungen* | *WS19/20* | *Reg.* | *SWS* | *ECTS* | *SF/EF* | *NF* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einführung in die Theoretische Teilchenphysik (mit/ohne erw. Übungen)<br>*Introduction in Theoretical Particle Physics (with/without ext. exercises)* | ✓ | WS | v3u2/v3u1 | 10/8 | | ✓ |
| Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen (mit/ohne Übungen)<br>*Theoretical Particle Physics I, Fundamentals and Advanced Topics (with/without exercises)* | | SS | v4u2/v4u0 | 12/8 | A | ✓ |
| Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen (mit/ohne Übung)<br>*Theoretical Particle Physics I, Fundamentals (with/without exercises)* | | SS | v3u1/v3u0 | 8/6 | B | ✓ |
| Theoretische Teilchenphysik II (mit/ohne Übungen)<br>*Theoretical Particle Physics II (with/without exercises)* | ✓ | WS | v4u2/v4u0 | 12/8 | | ✓ |

| *weitere Veranstaltungen* | *WS19/20* | *Reg.* | *SWS* | *ECTS* | *SF/EF* | *NF* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einführung in die Theoretische Kosmologie<br>*Introduction to Theoretical Cosmology* | | | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Monte Carlo Ereignisgeneratoren<br>*Monte Carlo Event Generators* | | | v2u1 | 6 | | ✓ |
| Precision Tests of the Standard Model at low Energies<br>*Precision Tests of the Standard Model at low Energies* | | | v2 | 4 | | |
| Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen<br>*Introduction to Flavor Physics, Fundamentals and Advanced Topics* | | | v4u2 | 12 | | ✓ |
| Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen<br>*Introduction to Flavor Physics, Fundamentals* | | | v3u2 | 10 | | ✓ |
| Advanced Topics in Flavour Physics<br>*Advanced Topics in Flavor Physics* | | | v2 | 4 | | |
| Flavour Phyiscs in the Standard Model and beyond<br>*Flavour Physics in the Standard Model and beyond* | ✓ | | v2 | 4 | | |
| Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model<br>*Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model* | | | v3u2 | 10 | | ✓ |
| QCD und Colliderphysik mit Übungen<br>*QCD and Collider Physics with exercises* | | | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Einführung in die Supersymmetrie<br>*Introduction to Supersymmetry* | | | v2u1 | 6 | | |
| Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien<br>*Symmetries, Groups and extended Gauge Theories* | ✓ | | v4u2 | 12 | | ✓ |
| Symmetrien und Gruppen<br>*Symmetries and Groups* | ✓ | | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Allgemeine Relativitätstheorie<br>*General Relativity* | | | v3u2 | 10 | | ✓ |
| Allgemeine Relativitätstheorie II<br>*General Relativity II* | | | v3u2 | 10 | | ✓ |
| Hadronische Wechselwirkungen<br>*Hadronic Interactions* | ✓ | | v2 | 4 | | |
| Neutrinophysik – Theoretische Aspekte<br>*Neutrino Physics – Theoretical Aspects* | ✓ | | v2u2 | 8 | | ✓ |
| Dunkle Materie – Theoretische Aspekte<br>*Dark Matter – Theoretical Issues* | | | v2u1 | 6 | | ✓ |
| Effektive Feldtheorien<br>*Effective Field Theories* | | | v2u2 | 8 | | ✓ |

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind **A oder B** („Theoretische Teilchenphysik I“) mit **8 oder 12** ECTS-Punkten

## Theorie der Kondensierten Materie

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Theorie der kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen<br>*Condensed Matter Theory I, Fundamentals and Advanced Topics* | ✓ | WS | v4u2 | 12 | A | ✓ |
| Theorie der kondensierten Materie I, Grundlagen<br>*Condensed Matter Theory I, Fundamentals* | ✓ | WS | v3u1 | 8 | B | ✓ |
| Theorie der kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen<br>*Condensed Matter Theory II: Many-Body Theory, Fundamentals and Advanced Topics* | | SS | v4u2 | 12 | | ✓ |
| Theorie der kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen<br>*Condensed Matter Theory II: Many-Body Theory, Fundamentals* | | SS | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Theorie der kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen *<br>*Condensed Matter Theory II: Many-Body Theory, selected topics* | | SS | v1 | 2 | nur EF | |

| ***weitere Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS*** | ***SF/EF*** | ***NF*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Physik der Quanteninformation<br>*Physics of Quantum Information* | | | v2u1 | 6 | | ✓ |
| Computational Condensed Matter Physics<br>*Computational Condensed Matter Physics* | | | v4u2 | 12 | | ✓ |
| Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory<br>*Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory* | | | v3u1 | 8 | | |
| Theoretische molekulare Biophysik (mit/ohne Seminar)<br>*Theoretical Molecular Biophysics (with/without seminar)* | ✓ | | v2u1s2/v2u1 | 8/6 | | ✓ |
| Quantum Physics in One Dimension<br>*Quantum Physics in One Dimension* | | | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Simulation nanoskaliger Systeme (mit/ohne Seminar)<br>*Simulation of Nanoscale Systems (with/without seminar)* | | | v2u1s2/v2u1 | 8/6 | | ✓ |
| Theoretical Nanooptics<br>*Theoretical Nanooptics* | ✓ | | v2u1 | 6 | | ✓ |
| The ABC of DFT<br>*The ABC of DFT* | | | v2u1 | 6 | | |
| Theoretical Quantum Optics **<br>*Theoretical Quantum Optics* | ✓ | | v2u1 | 6 | | |
| Hydrodynamik<br>*Hydrodynamics* | | | v3u1 | 8 | | ✓ |
| Critical and fluctuation phenomena in condensed-matter physics<br>*Critical and fluctuation phenomena in condensed-matter physics* | ✓ | | v4 | 8 | | ✓ |

* Nur im Ergänzungsfach möglich um bspw. In Kombination mit „Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen“ 14 ECTS-Punkte zu erreichen.

** Identisch zu „Quantum Optics“ (angeboten bis WS 18/19)

**Schwerpunktfach (SF):**
Vorgeschriebene Veranstaltungen sind **A oder B** („Theorie der kondensierten Materie I“) mit **8 oder 12** ECTS-Punkten

## Bereich C: Veranstaltungen der Geophysik und Meteorologie

Geeignet für das **physikalische Ergänzungs- (EF)** oder **Nebenfach (NF)**

## Geophysik

Die folgenden Lehrveranstaltungen sind Bestandteil des Masterstudiengangs Geophysik und werden im jährlichen Turnus in englischer Sprache angeboten:

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS EF*** | ***ECTS NF*** |
|---|---|---|---|---|---|
| Physik seismischer Messinstrumente<br>*Physics of Seismic Instruments* | ✓ | WS | v2u1 | 6 | 6 |
| Reflexionsseismisches Processing / Seismics<br>*Seismics* | ✓ | WS | v2u2 | 8 | 8 |
| Theorie seismischer Wellen<br>*Theory of Seismic Waves* | | SS | v2u1 | 6 | 6 |
| Seismology | ✓ | WS | v2u2 | 8 | 8 |
| Inversion und Tomographie<br>*Inversion and Tomography* | | SS | v2u2 | 8 | 8 |
| Einführung in die Vulkanologie<br>*Introduction to Volcanology* | | SS | v1u1 | 4 | 3 |
| Naturgefahren und Risiken<br>*Geological Hazards and Risks* | ✓ | WS | v2u2 | 8 | - |

Die folgenden Lehrveranstaltungen sind Bestandteil des Wahlbereichs des Masterstudiengangs Geophysik und werden in unregelmäßigen Abständen in englischer Sprache angeboten:

| ***weitere Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** | ***ECTS EF*** | ***ECTS NF*** |
|---|---|---|---|---|---|
| Full-waveform inversion | | | v2u1 | 6 | 6 |
| Physik der Lithosphäre<br>*Physics of the Lithosphere* | | | v2u1 | 3 | 2 |
| Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs*<br>*Geophysical Deep Sounding at Volcanoes and the Example of the Vogelsberg* | | | v2u1 | 4 | 3 |
| Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern*<br>*Geophysical Investigation of Volcanic Fields* | | | v2u2 | 4 | 3 |
| Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane*<br>*Hazard and Risk Assessment of Mediterranean Volcanoes* | | | v2u3 | 6 | 4 |
| Induced Seismicity | | | v3u2 | 5 | 3 |
| Seismic Data Processing | | | v1u2 | 6 | 6 |

* Voraussetzung für dieses Modul ist die erfolgreiche Teilnahme an „Einführung in die Vulkanologie“

## Meteorologie

Die folgenden Lehrveranstaltungen sind Bestandteil des englischsprachigen Masterstudiengangs Meteorologie und werden im jährlichen Turnus in angeboten. Unten stehende Veranstaltungen können im Modul „Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)“ zum Ergänzungsfach (14 ECTS-Punkte) und im Modul „Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)“ zum Nebenfach (8 ECTS-Punkte) kombiniert werden. Die Kriterien für den Erwerb der Leistungspunkte sind:

**Nebenfach (unbenotet):** Die Erfolgskontrolle geschieht über eine Studienleistung. Ob diese mündlich, schriftlich oder anderer Art ist, hängt von der jeweiligen Veranstaltung ab. Informationen darüber finden Sie im Modulhandbuch *Master Meteorology WS 19/20*.

**Ergänzungsfach (benotet):** Die Erfolgskontrolle geschieht durch eine mündliche Gesamtprüfung („Prüfung über meteorologische Spezialgebiete / Exam on Selected Topics in Meteorology“). Voraussetzung zur Zulassung zur Prüfung ist das Bestehen der Studienleistung. Ob diese mündlich, schriftlich oder anderer Art ist, hängt von der jeweiligen Veranstaltung ab. Informationen darüber finden Sie im Modulhandbuch *Master Meteorology WS 19/20*. Die Leistungspunkte werden durch die mündliche Prüfung erworben. Untenstehende Veranstaltungen sind so zu kombinieren, dass die Regel ***2·(Vorlesungsstunden + Übungsstunden) ≥ 14*** erfüllt ist.

Studierende, die vor dem SS 19 mit Vorlesungen aus dem Bereich Meteorologie begonnen haben mit dem Ziel, diese für das EF oder NF zu verwenden, finden die dann geltenden Regeln im Modulhandbuch WS 18/19.

| ***Veranstaltungen*** | ***WS19/20*** | ***Reg.*** | ***SWS*** |
|---|---|---|---|
| Meteorological Hazards | | | v2 |
| Remote Sensing of Atmospheric State Variables | | SS | v2u1 |
| Turbulent Diffusion | | SS | v2u1 |
| Advanced Numerical Weather Prediction | | SS | v2 |
| Energy Meteorology | | SS | v2 |
| Integrated Atmospheric Measurements | | SS | v2 |
| Methods of Data Analysis* | | SS | v2u1 |
| Climate Modeling & Dynamics with ICON | ✓ | WS | v2u1 |
| Energetics | ✓ | WS | v2 |
| Cloud Physics | ✓ | WS | v2u1 |
| Atmospheric Radiation | ✓ | WS | v2 |
| Atmospheric Aerosols | ✓ | WS | v2u1 |
| Middle Atmosphere in the Climate System | ✓ | WS | v2 |
| Tropical Meteorology | ✓ | WS | v2u1 |
| Seminar on IPCC Assessment Report | ✓ | WS | s2 |
| Ocean-Atmosphere Interactions | ✓ | WS | v2 |
| Physics of Planetary Atmospheres | ✓ | WS | v2u2 |

* nur anrechenbar, wenn nicht gleichzeitig „Moderne Methoden der Datenanalyse“ aus ETP oder ATP im SF/EF/NF verwendet wird.

# 3 Module

## M 3.1 Modul: Advanced Topics in Flavour Physics [M-PHYS-104090]

**Verantwortung:** Dr. Monika Blanke
Prof. Dr. Ulrich Nierste

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108476 | Advanced Topics in Flavour Physics | 4 LP | Blanke, Nierste |

**Qualifikationsziele**
Vertiefen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Verständnis der Phänomenologie des Flavour-Sektors in und jenseits des Standardmodells

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**
Flavour violation in theories beyond the Standard Model, Minimal Flavour Violation, new sources of flavourand CP violation, selected "hot topics" in rare meson decays.

**Empfehlungen**
Empfehlungen: Gutes Verständnis des Standardmodells der Teilchenphysik, insbesondere der starken und schwachen Wechselwirkung sowie des Yukawa-Sektors.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitungund Vorbereitung der Übungen (1 ECTS = 30 Stunden, Aufteilung nach Präsenzzeit = SWS*15 Wochen,Nachbereitung etc. Rest)

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.2 Modul: Allgemeine Relativitätstheorie [M-PHYS-102319]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102395 | Allgemeine Relativitätstheorie | 10 LP | Klinkhamer |

**Qualifikationsziele**
The main goal is to broaden the student's intelectual horizon by learning and thinking about one of the great achievements of humanity, the discovery of the dynamic nature of spacetime.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102320 - Allgemeine Relativitätstheorie (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
This lecture consists of three parts. The first part reviews the basic ideas of Special Relativity.
The second part introduces the main concepts and techniques of General Relativity. The third part discusses cosmological models.

**Empfehlungen**
A basic understanding of classical mechanics, classical electrodynamics, and quantum mechanics.

**Arbeitsaufwand**
Approximately 300 hours, consisting of 75 hours for direct presence and further time for literature study, preparation of exercise problems or tasks, and possibly preparation for the final oral exam.

**Literatur**


- S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, Wiley, 1972.
- C. Misner, K. Thorne, J. Wheeler, Gravitation, W. H. Freeman, 1973.
- Robert M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, 1984.
- S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge UP, 1973.
- V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge UP, 2005.

# M 3.3 Modul: Allgemeine Relativitätstheorie (NF) [M-PHYS-102320]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102446 | Allgemeine Relativitätstheorie (NF) | 10 LP | Klinkhamer |

**Qualifikationsziele**
The main goal is to broaden the student's intelectual horizon by learning and thinking about one of the great achievements of humanity, the discovery of the dynamic nature of spacetime.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102319 - Allgemeine Relativitätstheorie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
This lecture consists of three parts. The first part reviews the basic ideas of Special Relativity.
The second part introduces the main concepts and techniques of General Relativity. The third part discusses cosmological models.

**Empfehlungen**
A basic understanding of classical mechanics, classical electrodynamics, and quantum mechanics.

**Arbeitsaufwand**
Approximately 300 hours, consisting of 75 hours for direct presence and further time for literature study, preparation of exercise problems or tasks, and possibly preparation for the final oral exam.

**Literatur**


- S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, Wiley, 1972.
- C. Misner, K. Thorne, J. Wheeler, Gravitation, W. H. Freeman, 1973.
- Robert M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, 1984.
- S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge UP, 1973.
- V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge UP, 2005.

# M 3.4 Modul: Allgemeine Relativitätstheorie II [M-PHYS-103333]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106678 | Allgemeine Relativitätstheorie II | 10 LP | Klinkhamer |

**Qualifikationsziele**
The main goal is to broaden the student's intelectual horizon.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103334 - Allgemeine Relativitätstheorie II (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Follow-up of GR I (ART I).

**Empfehlungen**
GR I (ART I)

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225 Stunden).

**Literatur**


- R.M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, 1984.
- S.W. Hawking and G.F.R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge UP, 1973.
- V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge UP, 2005.

# M 3.5 Modul: Allgemeine Relativitätstheorie II (NF) [M-PHYS-103334]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106679 | Allgemeine Relativitätstheorie II (NF) | 10 LP | Klinkhamer |

**Qualifikationsziele**
The main goal is to broaden the student's intelectual horizon.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103333 - Allgemeine Relativitätstheorie II darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Follow-up of GR I (ART I).

**Empfehlungen**
GR I (ART I)

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225 Stunden).

**Literatur**


- R.M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, 1984.
- S.W. Hawking and G.F.R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge UP, 1973.
- V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge UP, 2005.

# M 3.6 Modul: Array Processing [M-PHYS-102366]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik (EV bis 30.09.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104733 | Array Processing | 4 LP | Ritter |

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102656 - Array Processing (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Seismogrammanalyse (Erzeugung von Seismogrammen, Seismogramm-Analyse im Zeitbereich/ Frequenzbereich)
- Seismologische Array-Technik

**Lehr- und Lernformen**
V+Ü, 2 SWS

# M 3.7 Modul: Array Processing (NF) [M-PHYS-102656]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV bis 30.09.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105570 | Array Processing (NF) | 4 LP | Ritter |

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102366 - Array Processing darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Seismogrammanalyse (Erzeugung von Seismogrammen, Seismogramm-Analyse im Zeitbereich/ Frequenzbereich)
- Seismologische Array-Technik

**Lehr- und Lernformen**
V+Ü, 2 SWS

# M 3.8 Modul: Astroteilchenphysik I [M-PHYS-102075]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Pflicht Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Pflicht Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102432 | Astroteilchenphysik I | 8 LP | Drexlin, Valerius |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen eingeführt werden in die Grundbegriffe der Astroteilchen-physik. Die Vorlesung vermittelt sowohl die theoretischen Konzepte wie auch die experimentellen Methoden dieses neuen dynamischen Arbeitsfeldes an der Schnitt-stelle von Elementarteilchenphysik, Kosmologie und Astrophysik. Die Studierenden lernen anhand konkreter Fallbeispiele aus der aktuellen Forschung die Konzepte zu verstehen und werden befähigt, die erlernten Methoden eigenständig anzuwenden. *Methodenkompetenzerwerb*:

- Verständnis der Grundlagen der experimentellen Astroteilchenphysik
- Erkenntnis von methodischen Querverbindungen zur Elementarteilchen-physik, Astrophysik und Kosmologie
- Erwerb der Fähigkeit, ein aktuelles Forschungsthema eigenständig sowie im Team darzustellen
- Erwerb der Fähigkeit, die Konzepte und experimentellen Methoden in der Masterarbeit umzusetzen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102076 - Astroteilchenphysik I (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die behandelten Themengebiete umfassen eine allgemeine Einführung in das Arbeitsgebiet mit seinen fundamentalen Fragestellungen, theoretischen Konzepten und experimentellen Methoden. Entsprechend den sehr unterschiedlichen Energie-skalen (meV – 1020 eV) der Astroteilchenphysik gliedert sich die Vorlesung in eine Diskussion der Prozesse im thermischen (niedrige Energien) und nichtthermischen (hohe Energien) Universum. Einen besonderen Schwerpunkt der Vorlesung bildet eine umfassende Darstellung von modernen experimentelle Techniken, z.B. bei der Suche nach sehr seltenen Prozessen. Darauf aufbauend wird im zweiten Teil der Vorlesung eine umfassende Einführung in das „dunkle Universum“ und die Suche nach Dunkler Materie gegeben.

Die Vorlesung ist Grundlage von weiteren Vorlesungen zu diesem Thema (Astro-teilchenphysik II).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen(180)

**Lehr- und Lernformen**
4022011 Vorlesung2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

4022012 Übung2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

**Literatur**


- Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press, 2. Auflage, 2009)
- Claus Grupen, Astroparticle Physics (Springer, 2005)
- Lars Bergström & Ariel Goobar, Cosmology and Particle Astrophysics (Wiley, 2. Auflage, 2006)
- Malcolm Longair, High Energy Astrophysics (Cambridge University Press, 3. Auflage, 2011)

# M 3.9 Modul: Astroteilchenphysik I (NF) [M-PHYS-102076]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104379 | Astroteilchenphysik I (NF) | 8 LP | Drexlin, Valerius |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen eingeführt werden in die Grundbegriffe der Astroteilchen-physik. Die Vorlesung vermittelt sowohl die theoretischen Konzepte wie auch die experimentellen Methoden dieses neuen dynamischen Arbeitsfeldes an der Schnitt-stelle von Elementarteilchenphysik, Kosmologie und Astrophysik. Die Studierenden lernen anhand konkreter Fallbeispiele aus der aktuellen Forschung die Konzepte zu verstehen und werden befähigt, die erlernten Methoden eigenständig anzuwenden. *Methodenkompetenzerwerb*:

- Verständnis der Grundlagen der experimentellen Astroteilchenphysik
- Erkenntnis von methodischen Querverbindungen zur Elementarteilchen-physik, Astrophysik und Kosmologie
- Erwerb der Fähigkeit, ein aktuelles Forschungsthema eigenständig sowie im Team darzustellen
- Erwerb der Fähigkeit, die Konzepte und experimentellen Methoden in der Masterarbeit umzusetzen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102075 - Astroteilchenphysik I darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die behandelten Themengebiete umfassen eine allgemeine Einführung in das Arbeitsgebiet mit seinen fundamentalen Fragestellungen, theoretischen Konzepten und experimentellen Methoden. Entsprechend den sehr unterschiedlichen Energie-skalen (meV – 1020 eV) der Astroteilchenphysik gliedert sich die Vorlesung in eine Diskussion der Prozesse im thermischen (niedrige Energien) und nichtthermischen (hohe Energien) Universum. Einen besonderen Schwerpunkt der Vorlesung bildet eine umfassende Darstellung von modernen experimentelle Techniken, z.B. bei der Suche nach sehr seltenen Prozessen. Darauf aufbauend wird im zweiten Teil der Vorlesung eine umfassende Einführung in das „dunkle Universum“ und die Suche nach Dunkler Materie gegeben.

Die Vorlesung ist Grundlage von weiteren Vorlesungen zu diesem Thema (Astro-teilchenphysik II).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen(180)

**Lehr- und Lernformen**
4022011 Vorlesung2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

4022012 Übung2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

**Literatur**

- Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press, 2. Auflage, 2009)
- Claus Grupen, Astroparticle Physics (Springer, 2005)
- Lars Bergström & Ariel Goobar, Cosmology and Particle Astrophysics (Wiley, 2. Auflage, 2006)
- Malcolm Longair, High Energy Astrophysics (Cambridge University Press, 3. Auflage, 2011)

# M 3.10 Modul: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen [M-PHYS-102526]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105109 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen | 8 LP | Engel |

**Qualifikationsziele**
Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul verfügt der/die Studierende über ein vertieftes Fach- und Überblickswissen auf dem Feld der hochenergetischen Astroteilchenphysik. Er/sie versteht die wichtigsten Enstehungsprozesse von Gammastrahlung und Neutrinos, ist in der Lage beobachteten Energiespektren astrophysikalischer Objekte zu interpretieren und verfügt über grundlegende Kenntnisse der Astrophysik galaktischer und extragalaktischer Quellen hochenergetischer Teilchen.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesung ist komplementär zum Modul Astroteilchenphysik I angelegt und kann unabhängig davon gehört werden

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102084 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102080 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103185 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Es werden die Grundlagen der Astroteilchenphysik mit hochenergetischen Teilchen besprochen, wobei der Schwerpunkt auf der Anwendung der Gamma- und Neutrino-Astronomie zur Untersuchung astrophysikalischer Objekte liegt. Ausgehend von der Beschleunigung geladener Teilchen werden im ersten Drittel der Vorlesungsreihe die wichtigsten Entstehungsprozesse von Gamma-Strahlung eingeführt, die Ausbreitung hochenergetischer Gamma-Strahlung diskutiert und Methoden zum Nachweis der Gamma-Strahlung auf der Erde und im Weltall vorgestellt. Im zweiten Drittel der Vorlesungsreihe werden astrophysikalischen Objekte und deren Abbild in Gamma-Strahlen besprochen: Supernova-Explosionen und -überreste, Neutronensterne und Pulsare, Schwarze Löcher und Aktive Galaktische Kerne, und Gamma-Blitze. Der Kurs wird abgerundet durch eine Einführung in die Grundlagen und aktuellen Fragestellungen der Astronomie mit hochenergetischen Neutrinos.

Zusammen mit dem Kurs "Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung", welcher im WS angeboten wird, ergibt sich ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen in unserem Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind komplementär angelegt und können unabhängig gehört werden, ergänzen sich aber in geeigneter Weise. Die Vorlesung ATP II “ Gammastrahlung“ ist komplementär zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II “ Kosmische Strahlung" bzw. "Teilchen und Sterne").

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie experimenteller Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**

- T.K. Gaisser, R. Engel, E.Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (Cambridge)
- M.S. Longair: High Energy Astrophysics (Cambridge)
- H. Bradt: Astrophysics Processes (Cambridge)
- C.D. Dermer, G. Menon: High Energy Radiation from Black Holes (Princeton)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.11 Modul: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-103185]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106318 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Engel |

**Qualifikationsziele**
Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul verfügt der/die Studierende über ein vertieftes Fach- und Überblickswissen auf dem Feld der hochenergetischen Astroteilchenphysik. Er/sie versteht die wichtigsten Enstehungsprozesse von Gammastrahlung und Neutrinos, ist in der Lage beobachteten Energiespektren astrophysikalischer Objekte zu interpretieren und verfügt über grundlegende Kenntnisse der Astrophysik galaktischer und extragalaktischer Quellen hochenergetischer Teilchen.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesung ist komplementär zum Modul Astroteilchenphysik I angelegt und kann unabhängig davon gehört werden

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102084 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102080 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102526 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Es werden die Grundlagen der Astroteilchenphysik mit hochenergetischen Teilchen besprochen, wobei der Schwerpunkt auf der Anwendung der Gamma- und Neutrino-Astronomie zur Untersuchung astrophysikalischer Objekte liegt. Ausgehend von der Beschleunigung geladener Teilchen werden im ersten Drittel der Vorlesungsreihe die wichtigsten Entstehungsprozesse von Gamma-Strahlung eingeführt, die Ausbreitung hochenergetischer Gamma-Strahlung diskutiert und Methoden zum Nachweis der Gamma-Strahlung auf der Erde und im Weltall vorgestellt. Im zweiten Drittel der Vorlesungsreihe werden astrophysikalischen Objekte und deren Abbild in Gamma-Strahlen besprochen: Supernova-Explosionen und -überreste, Neutronensterne und Pulsare, Schwarze Löcher und Aktive Galaktische Kerne, und Gamma-Blitze. Der Kurs wird abgerundet durch eine Einführung in die Grundlagen und aktuellen Fragestellungen der Astronomie mit hochenergetischen Neutrinos.

Zusammen mit dem Kurs "Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung", welcher im WS angeboten wird, ergibt sich ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen in unserem Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind komplementär angelegt und können unabhängig gehört werden, ergänzen sich aber in geeigneter Weise. Die Vorlesung ATP II “ Gammastrahlung“ ist komplementär zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II “ Kosmische Strahlung" bzw. "Teilchen und Sterne").

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie experimenteller Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**

- T.K. Gaisser, R. Engel, E.Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (Cambridge)
- M.S. Longair: High Energy Astrophysics (Cambridge)
- H. Bradt: Astrophysics Processes (Cambridge)
- C.D. Dermer, G. Menon: High Energy Radiation from Black Holes (Princeton)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.12 Modul: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102080]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102383 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen | 6 LP | Engel |

**Qualifikationsziele**
Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul verfügt der/die Studierende über ein vertieftes Fach- und Überblickswissen auf dem Feld der hochenergetischen Astroteilchenphysik. Er/sie versteht die wichtigsten Enstehungsprozesse von Gammastrahlung und Neutrinos, ist in der Lage beobachteten Energiespektren astrophysikalischer Objekte zu interpretieren und verfügt über grundlegende Kenntnisse der Astrophysik galaktischer und extragalaktischer Quellen hochenergetischer Teilchen.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesung ist komplementär zum Modul Astroteilchenphysik I angelegt und kann unabhängig davon gehört werden

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102084 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102526 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103185 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Es werden die Grundlagen der Astroteilchenphysik mit hochenergetischen Teilchen besprochen, wobei der Schwerpunkt auf der Anwendung der Gamma- und Neutrino-Astronomie zur Untersuchung astrophysikalischer Objekte liegt. Ausgehend von der Beschleunigung geladener Teilchen werden im ersten Drittel der Vorlesungsreihe die wichtigsten Entstehungsprozesse von Gamma-Strahlung eingeführt, die Ausbreitung hochenergetischer Gamma-Strahlung diskutiert und Methoden zum Nachweis der Gamma-Strahlung auf der Erde und im Weltall vorgestellt. Im zweiten Drittel der Vorlesungsreihe werden astrophysikalischen Objekte und deren Abbild in Gamma-Strahlen besprochen: Supernova-Explosionen und -überreste, Neutronensterne und Pulsare, Schwarze Löcher und Aktive Galaktische Kerne, und Gamma-Blitze. Der Kurs wird abgerundet durch eine Einführung in die Grundlagen und aktuellen Fragestellungen der Astronomie mit hochenergetischen Neutrinos.

Zusammen mit dem Kurs "Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung", welcher im WS angeboten wird, ergibt sich ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen in unserem Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind komplementär angelegt und können unabhängig gehört werden, ergänzen sich aber in geeigneter Weise. Die Vorlesung ATP II “ Gammastrahlung“ ist komplementär zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II “ Kosmische Strahlung" bzw. "Teilchen und Sterne").

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie experimenteller Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Literatur**

- T.K. Gaisser, R. Engel, E.Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (Cambridge)
- M.S. Longair: High Energy Astrophysics (Cambridge)
- H. Bradt: Astrophysics Processes (Cambridge)
- C.D. Dermer, G. Menon: High Energy Radiation from Black Holes (Princeton)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

## M 3.13 Modul: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102084]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104382 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Engel |

**Qualifikationsziele**
Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul verfügt der/die Studierende über ein vertieftes Fach- und Überblickswissen auf dem Feld der hochenergetischen Astroteilchenphysik. Er/sie versteht die wichtigsten Enstehungsprozesse von Gammastrahlung und Neutrinos, ist in der Lage beobachteten Energiespektren astrophysikalischer Objekte zu interpretieren und verfügt über grundlegende Kenntnisse der Astrophysik galaktischer und extragalaktischer Quellen hochenergetischer Teilchen.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesung ist komplementär zum Modul Astroteilchenphysik I angelegt und kann unabhängig davon gehört werden

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102080 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102526 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103185 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Es werden die Grundlagen der Astroteilchenphysik mit hochenergetischen Teilchen besprochen, wobei der Schwerpunkt auf der Anwendung der Gamma- und Neutrino-Astronomie zur Untersuchung astrophysikalischer Objekte liegt. Ausgehend von der Beschleunigung geladener Teilchen werden im ersten Drittel der Vorlesungsreihe die wichtigsten Entstehungsprozesse von Gamma-Strahlung eingeführt, die Ausbreitung hochenergetischer Gamma-Strahlung diskutiert und Methoden zum Nachweis der Gamma-Strahlung auf der Erde und im Weltall vorgestellt. Im zweiten Drittel der Vorlesungsreihe werden astrophysikalischen Objekte und deren Abbild in Gamma-Strahlen besprochen: Supernova-Explosionen und -überreste, Neutronensterne und Pulsare, Schwarze Löcher und Aktive Galaktische Kerne, und Gamma-Blitze. Der Kurs wird abgerundet durch eine Einführung in die Grundlagen und aktuellen Fragestellungen der Astronomie mit hochenergetischen Neutrinos.

Zusammen mit dem Kurs "Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung", welcher im WS angeboten wird, ergibt sich ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen in unserem Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind komplementär angelegt und können unabhängig gehört werden, ergänzen sich aber in geeigneter Weise. Die Vorlesung ATP II “ Gammastrahlung“ ist komplementär zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II “ Kosmische Strahlung" bzw. "Teilchen und Sterne").

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie experimenteller Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Literatur**


- T.K. Gaisser, R. Engel, E.Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (Cambridge)
- M.S. Longair: High Energy Astrophysics (Cambridge)
- H. Bradt: Astrophysics Processes (Cambridge)
- C.D. Dermer, G. Menon: High Energy Radiation from Black Holes (Princeton)


Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.14 Modul: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen [M-PHYS-102525]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Dr. Markus Roth

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105108 | Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen | 8 LP | Engel, Roth |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die Grundbegriffe und Konzepte der Astrophysik hochenergetischer Teilchen verstehen und für die Diskussion moderner Beobachtungsergebnisse anwenden können. Typische Näherungen und Betrachtungen der Astrophysik sollen für den Teilnehmenden nachvollziehbar werden. In der Übung soll der Studierende ausgewählte Probleme der Astroteilchenphysik lösen und in der Gruppe diskutieren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102082 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102078 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103184 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung wird als Tafelanschrieb und mit vorher ausgehändigtem Bildmaterial gehalten. Besonderer Wert wird auf die explizite Ableitung der wesentlichen Zusammenhänge gelegt. Die Themen umfassen astrophysikalische Energie- und Größenskalen; Eigenschaften kosmischer Strahlung; direkte und indirekte Messung kosmischer Strahlung; Beschleunigung geladener Teilchen; Galaxien und galaktische Magnetfelder; galaktische und extra-galaktische Ausbreitung kosmischer Strahlung; Quellen kosmischer Strahlung; Teilchenphysik und Suche nach exotischen Phänomenen mit kosmischer Strahlung; hochenergetische Neutrinos. Zusammen mit „Astroteilchenphysik II: Gamma-Strahlung“ im folgenden Semester ergeben die beiden Vorlesungen ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen im Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind so angelegt, dass sie auch einzeln gehört werden können.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**

- T.K. Gaisser, R. Engel, E. Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (2nd Ed.)
- P. Schneider: Einführung in die Extragalaktische Astronomie und Kosmologie
- M. Longair: High Energy Astrophysics
- Thierry Courvoisier: High Energy Astrophysics
- Bradley W. Carroll and Dale Ostlie: An Introduction to Modern Astrophysics

# M 3.15 Modul: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-103184]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Dr. Markus Roth
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106317 | Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Engel, Roth |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die Grundbegriffe und Konzepte der Astrophysik hochenergetischer Teilchen verstehen und für die Diskussion moderner Beobachtungsergebnisse anwenden können. Typische Näherungen und Betrachtungen der Astrophysik sollen für den Teilnehmenden nachvollziehbar werden. In der Übung soll der Studierende ausgewählte Probleme der Astroteilchenphysik lösen und in der Gruppe diskutieren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102082 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102078 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102525 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung wird als Tafelanschrieb und mit vorher ausgehändigtem Bildmaterial gehalten. Besonderer Wert wird auf die explizite Ableitung der wesentlichen Zusammenhänge gelegt. Die Themen umfassen astrophysikalische Energie- und Größenskalen; Eigenschaften kosmischer Strahlung; direkte und indirekte Messung kosmischer Strahlung; Beschleunigung geladener Teilchen; Galaxien und galaktische Magnetfelder; galaktische und extra-galaktische Ausbreitung kosmischer Strahlung; Quellen kosmischer Strahlung; Teilchenphysik und Suche nach exotischen Phänomenen mit kosmischer Strahlung; hochenergetische Neutrinos. Zusammen mit „Astroteilchenphysik II: Gamma-Strahlung“ im folgenden Semester ergeben die beiden Vorlesungen ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen im Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind so angelegt, dass sie auch einzeln gehört werden können.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**


- T.K. Gaisser, R. Engel, E. Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (2nd Ed.)
- P. Schneider: Einführung in die Extragalaktische Astronomie und Kosmologie
- M. Longair: High Energy Astrophysic
- Thierry Courvoisier: High Energy Astrophysics
- Bradley W. Carroll and Dale Ostlie: An Introduction to Modern Astrophysics

# M 3.16 Modul: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102078]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Dr. Markus Roth

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102382 | Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen | 6 LP | Engel, Roth |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die Grundbegriffe und Konzepte der Astrophysik hochenergetischer Teilchen verstehen und für die Diskussion moderner Beobachtungsergebnisse anwenden können. Typische Näherungen und Betrachtungen der Astrophysik sollen für den Teilnehmenden nachvollziehbar werden. In der Übung soll der Studierende ausgewählte Probleme der Astroteilchenphysik lösen und in der Gruppe diskutieren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102082 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102525 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103184 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung wird als Tafelanschrieb und mit vorher ausgehändigtem Bildmaterial gehalten. Besonderer Wert wird auf die explizite Ableitung der wesentlichen Zusammenhänge gelegt. Die Themen umfassen astrophysikalische Energie- und Größenskalen; Eigenschaften kosmischer Strahlung; direkte und indirekte Messung kosmischer Strahlung; Beschleunigung geladener Teilchen; Galaxien und galaktische Magnetfelder; galaktische und extra-galaktische Ausbreitung kosmischer Strahlung; Quellen kosmischer Strahlung; Teilchenphysik und Suche nach exotischen Phänomenen mit kosmischer Strahlung; hochenergetische Neutrinos. Zusammen mit „Astroteilchenphysik II: Gamma-Strahlung“ im folgenden Semester ergeben die beiden Vorlesungen ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen im Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind so angelegt, dass sie auch einzeln gehört werden können.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Literatur**

- T.K. Gaisser, R. Engel, E. Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (2nd Ed.)
- P. Schneider: Einführung in die Extragalaktische Astronomie und Kosmologie
- M. Longair: High Energy Astrophysics
- Thierry Courvoisier: High Energy Astrophysics
- Bradley W. Carroll and Dale Ostlie: An Introduction to Modern Astrophysics

# M 3.17 Modul: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102082]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Markus Roth
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104380 | Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Engel, Roth |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die Grundbegriffe und Konzepte der Astrophysik hochenergetischer Teilchen verstehen und für die Diskussion moderner Beobachtungsergebnisse anwenden können. Typische Näherungen und Betrachtungen der Astrophysik sollen für den Teilnehmenden nachvollziehbar werden. In der Übung soll der Studierende ausgewählte Probleme der Astroteilchenphysik lösen und in der Gruppe diskutieren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102078 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102525 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103184 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung wird als Tafelanschrieb und mit vorher ausgehändigtem Bildmaterial gehalten. Besonderer Wert wird auf die explizite Ableitung der wesentlichen Zusammenhänge gelegt. Die Themen umfassen astrophysikalische Energie- und Größenskalen; Eigenschaften kosmischer Strahlung; direkte und indirekte Messung kosmischer Strahlung; Beschleunigung geladener Teilchen; Galaxien und galaktische Magnetfelder; galaktische und extra-galaktische Ausbreitung kosmischer Strahlung; Quellen kosmischer Strahlung; Teilchenphysik und Suche nach exotischen Phänomenen mit kosmischer Strahlung; hochenergetische Neutrinos. Zusammen mit „Astroteilchenphysik II: Gamma-Strahlung“ im folgenden Semester ergeben die beiden Vorlesungen ein abgeschlossenes Bild hochenergetischer Teilchen mit ihren zugrundeliegenden Erzeugungs- und Transportprozessen im Universum. Die Themenspektren beider Vorlesungen sind so angelegt, dass sie auch einzeln gehört werden können.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Literatur**

- T.K. Gaisser, R. Engel, E. Resconi: Cosmic Rays and Particle Physics (2nd Ed.)
- P. Schneider: Einführung in die Extragalaktische Astronomie und Kosmologie
- M. Longair: High Energy Astrophysics
- Thierry Courvoisier: High Energy Astrophysics
- Bradley W. Carroll and Dale Ostlie: An Introduction to Modern Astrophysics

# M 3.18 Modul: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen [M-PHYS-102527]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105110 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen | 8 LP | Drexlin, Valerius |

**Qualifikationsziele**

- Methodenkompetenzerwerb: Vertiefung in zwei Schlüsselgebieten der experimentellen Astroteilchenphysik: stellare Astrophysik und Neutrinophysik, dabei insbesondere Erkenntnis der Querverbindungen zur Elementarteilchenphysik und Kosmologie
- Fähigkeit zur Synthese wissenschaftlicher Resultate, eigenständige Einarbeitung in aktuelle Forschungsresultate, Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung

**Voraussetzungen**
Wird Experimentelle Astroteilchenphysik als Schwerpunktfach gewählt, muss auch die Vorlesung Astroteilchenphysik I oder Kosmologie belegt werden. Die Vorlesung ATP II – Teilchen und Sterne ist komplementär angelegt zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung, Gammastrahlung).

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102086 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102081 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103186 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung gibt, aufbauend auf den einführenden Vorlesungen Astroteilchenphysik I und Kosmologie, einen vertieften Einblick in zwei Schlüsselgebiete der modernen experimentellen Astroteilchenphysik.

Im ersten Gebiet wird ein umfassender Einblick in die Grundlagen der experimentellen Neutrinophysik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Neutrino-Eigenschaften. Die behandelten Themengebiete umfassen eine Einführung in das Phänomen der Neutrino-Oszillationen einschließlich aktueller Resultate zu solaren & atmosphärischen Neutrinos, sowie von Reaktor- und Beschleuniger-Neutrino-Experimenten. Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt gelegt auf Experimente zur direkten Neutrinomassenbestimmung und die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall.

Im zweiten Teil der Vorlesung wird eine Einführung gegeben in das Gebiet der stellaren Astrophysik mit einem besonderen Schwerpunkt auf späte Sternphasen. Diese sind charakterisiert durch degenerierte Materie (weiße Zwerge und Neutronensterne) und bilden die Vorläufer von Supernova-Explosionen (thermonukleare und Kernkollaps-SNae). Abschließend werden Methoden der ATP zum Nachweis dieser Prozesse mit Neutrino-Detektoren und Gravitationswellen-Observatorien diskutiert.

Die Vorlesung legt einen Schwerpunkt auf eine eingehende Darstellung von grundlegenden physikalischen Prozessen und experimentellen Methoden der Astroteilchenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie von grundlegenden experimentellen Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4022111 Vorlesung 2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

4022112 Übung 1 SWS; G. Drexlin,Groh

**Literatur**

- Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press)
- Kai Zuber, Neutrino physics (Routledge Chapman & Hall), 2nd Edition
- H.V. Klapdor-Kleingrothaus & Kai Zuber, Teilchenastrophysik (Teubner)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.19 Modul: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-103186]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106319 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Drexlin, Valerius |

**Qualifikationsziele**

- Methodenkompetenzerwerb: Vertiefung in zwei Schlüsselgebieten der experimentellen Astroteilchenphysik: stellare Astrophysik und Neutrinophysik, dabei insbesondere Erkenntnis der Querverbindungen zur Elementarteilchenphysik und Kosmologie
- Fähigkeit zur Synthese wissenschaftlicher Resultate, eigenständige Einarbeitung in aktuelle Forschungsresultate, Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung

**Voraussetzungen**
Wird Experimentelle Astroteilchenphysik als Schwerpunktfach gewählt, muss auch die Vorlesung Astroteilchenphysik I oder Kosmologie belegt werden. Die Vorlesung ATP II – Teilchen und Sterne ist komplementär angelegt zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung, Gammastrahlung).

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102086 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102081 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102527 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung gibt, aufbauend auf den einführenden Vorlesungen Astroteilchenphysik I und Kosmologie, einen vertieften Einblick in zwei Schlüsselgebiete der modernen experimentellen Astroteilchenphysik.

Im ersten Gebiet wird ein umfassender Einblick in die Grundlagen der experimentellen Neutrinophysik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Neutrino-Eigenschaften. Die behandelten Themengebiete umfassen eine Einführung in das Phänomen der Neutrino-Oszillationen einschließlich aktueller Resultate zu solaren & atmosphärischen Neutrinos, sowie von Reaktor- und Beschleuniger-Neutrino-Experimenten. Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt gelegt auf Experimente zur direkten Neutrinomassenbestimmung und die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall.

Im zweiten Teil der Vorlesung wird eine Einführung gegeben in das Gebiet der stellaren Astrophysik mit einem besonderen Schwerpunkt auf späte Sternphasen. Diese sind charakterisiert durch degenerierte Materie (weiße Zwerge und Neutronensterne) und bilden die Vorläufer von Supernova-Explosionen (thermonukleare und Kernkollaps-SNae). Abschließend werden Methoden der ATP zum Nachweis dieser Prozesse mit Neutrino-Detektoren und Gravitationswellen-Observatorien diskutiert.

Die Vorlesung legt einen Schwerpunkt auf eine eingehende Darstellung von grundlegenden physikalischen Prozessen und experimentellen Methoden der Astroteilchenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie von grundlegenden experimentellen Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4022111 Vorlesung 2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius
4022112 Übung 1 SWS; G. Drexlin,Groh

**Literatur**

- Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press)
- Kai Zuber, Neutrino physics (Routledge Chapman & Hall), 2nd Edition
- H.V. Klapdor-Kleingrothaus & Kai Zuber, Teilchenastrophysik (Teubner)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.20 Modul: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102081]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102498 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen | 6 LP | Drexlin, Valerius |

**Qualifikationsziele**

- Methodenkompetenzerwerb: Vertiefung in zwei Schlüsselgebieten der experimentellen Astroteilchenphysik: stellare Astrophysik und Neutrinophysik, dabei insbesondere Erkenntnis der Querverbindungen zur Elementarteilchenphysik und Kosmologie
- Fähigkeit zur Synthese wissenschaftlicher Resultate, eigenständige Einarbeitung in aktuelle Forschungsresultate, Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung

**Voraussetzungen**
Wird Experimentelle Astroteilchenphysik als Schwerpunktfach gewählt, muss auch die Vorlesung Astroteilchenphysik I oder Kosmologie belegt werden. Die Vorlesung ATP II – Teilchen und Sterne ist komplementär angelegt zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung, Gammastrahlung).

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102086 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102527 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103186 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung gibt, aufbauend auf den einführenden Vorlesungen Astroteilchenphysik I und Kosmologie, einen vertieften Einblick in zwei Schlüsselgebiete der modernen experimentellen Astroteilchenphysik.

Im ersten Gebiet wird ein umfassender Einblick in die Grundlagen der experimentellen Neutrinophysik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Neutrino-Eigenschaften. Die behandelten Themengebiete umfassen eine Einführung in das Phänomen der Neutrino-Oszillationen einschließlich aktueller Resultate zu solaren & atmosphärischen Neutrinos, sowie von Reaktor- und Beschleuniger-Neutrino-Experimenten. Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt gelegt auf Experimente zur direkten Neutrinomassenbestimmung und die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall.

Im zweiten Teil der Vorlesung wird eine Einführung gegeben in das Gebiet der stellaren Astrophysik mit einem besonderen Schwerpunkt auf späte Sternphasen. Diese sind charakterisiert durch degenerierte Materie (weiße Zwerge und Neutronensterne) und bilden die Vorläufer von Supernova-Explosionen (thermonukleare und Kernkollaps-SNae). Abschließend werden Methoden der ATP zum Nachweis dieser Prozesse mit Neutrino-Detektoren und Gravitationswellen-Observatorien diskutiert.

Die Vorlesung legt einen Schwerpunkt auf eine eingehende Darstellung von grundlegenden physikalischen Prozessen und experimentellen Methoden der Astroteilchenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie von grundlegenden experimentellen Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4022111 Vorlesung 2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius

4022112 Übung 1 SWS; G. Drexlin,Groh

**Literatur**

- Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press)
- Kai Zuber, Neutrino physics (Routledge Chapman & Hall), 2nd Edition
- H.V. Klapdor-Kleingrothaus & Kai Zuber, Teilchenastrophysik (Teubner)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.21 Modul: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102086]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104383 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Drexlin, Valerius |

**Qualifikationsziele**

- Methodenkompetenzerwerb: Vertiefung in zwei Schlüsselgebieten der experimentellen Astroteilchenphysik: stellare Astrophysik und Neutrinophysik, dabei insbesondere Erkenntnis der Querverbindungen zur Elementarteilchenphysik und Kosmologie
- Fähigkeit zur Synthese wissenschaftlicher Resultate, eigenständige Einarbeitung in aktuelle Forschungsresultate, Fähigkeit zur eigenständigen Problemlösung

**Voraussetzungen**
Wird Experimentelle Astroteilchenphysik als Schwerpunktfach gewählt, muss auch die Vorlesung Astroteilchenphysik I oder Kosmologie belegt werden. Die Vorlesung ATP II – Teilchen und Sterne ist komplementär angelegt zu weiteren vertiefenden Vorlesungen (Astroteilchenphysik II – Kosmische Strahlung, Gammastrahlung).

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102081 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102527 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103186 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung gibt, aufbauend auf den einführenden Vorlesungen Astroteilchenphysik I und Kosmologie, einen vertieften Einblick in zwei Schlüsselgebiete der modernen experimentellen Astroteilchenphysik.

Im ersten Gebiet wird ein umfassender Einblick in die Grundlagen der experimentellen Neutrinophysik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Neutrino-Eigenschaften. Die behandelten Themengebiete umfassen eine Einführung in das Phänomen der Neutrino-Oszillationen einschließlich aktueller Resultate zu solaren & atmosphärischen Neutrinos, sowie von Reaktor- und Beschleuniger-Neutrino-Experimenten. Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt gelegt auf Experimente zur direkten Neutrinomassenbestimmung und die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall.

Im zweiten Teil der Vorlesung wird eine Einführung gegeben in das Gebiet der stellaren Astrophysik mit einem besonderen Schwerpunkt auf späte Sternphasen. Diese sind charakterisiert durch degenerierte Materie (weiße Zwerge und Neutronensterne) und bilden die Vorläufer von Supernova-Explosionen (thermonukleare und Kernkollaps-SNae). Abschließend werden Methoden der ATP zum Nachweis dieser Prozesse mit Neutrino-Detektoren und Gravitationswellen-Observatorien diskutiert.

Die Vorlesung legt einen Schwerpunkt auf eine eingehende Darstellung von grundlegenden physikalischen Prozessen und experimentellen Methoden der Astroteilchenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Physik der Teilchen und Kerne sowie von grundlegenden experimentellen Methoden in diesem Bereich werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4022111 Vorlesung 2 SWS; G. Drexlin, K. Valerius
4022112 Übung 1 SWS; G. Drexlin,Groh

**Literatur**

- Donald Perkins, Particle Astrophysics (Oxford University Press)
- Kai Zuber, Neutrino physics (Routledge Chapman & Hall), 2nd Edition
- H.V. Klapdor-Kleingrothaus & Kai Zuber, Teilchenastrophysik (Teubner)

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.22 Modul: Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen [M-PHYS-104869]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109904 | Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen | 8 LP | Bernhard, Müller |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Nach Besuch der Veranstaltung können Sie die Grundlagen der Beschleunigerphysik darstellen und einfache Strahltransportsysteme berechnen. Sie können die Beschleunigergrundtypen beschreiben, deren Funktionsweisen gegenüberstellen und die Eignung für den Einsatz in physikalischen Experimenten
einschätzen. Sie können die wesentlichen Eigenschaften der Synchrotronstrahlung darstellen, die physikalischen Grundlagen sowie die wichtigsten technische Konzepte zu ihrer Erzeugung beschreiben und wesentliche Kenngrößen einer Synchrotronstrahlungsquelle berechnen. Auf dieser Grundlage können Sie Strahlungsquellen zu gegebenen experimentellen Anforderungen konzeptionell auslegen. Sie sind in der Lage, beschleunigerrelevante Technologien zu beschreiben sowie die verschiedenen Methoden zur Messung und Kontrolle von Strahlparametern zu identifizieren, klassifizieren und zu begründen. Ihre erworbenen Kenntnisse zur Wechselwirkung von Teilchenensembles untereinander und mit der von ihnen erzeugten Strahlung versetzen Sie in die Lage, die Funktionsweise des Freie-Elektronen-Lasers fundiert beschreiben und insgesamt Kriterien für die Optimierung von Beschleunigern für eine gegebene Anwendung aufzustellen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104870 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104871 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104872 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundtypen von Beschleunigern (u.a. elektrostatische Beschleuniger, Linacs, Kreisbeschleuniger, Speicherringe & Collider)
- Physik der Synchrotronstrahlung, Wiggler und Undulatoren (Elektrodynamik bewegter Punktladungen, Eigenschaften der normalen Synchrotronstrahlung und Undulatorstrahlung)
- Strahloptik und Strahldynamik (z.B. Magnetische Linsen, Strahleigenschaften, transversale & longitudinale Schwingung und Dämpfung, Vielteilchensysteme)
- Magnettechnologie für Beschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen
- Messung und Kontrolle von Strahlparametern
- Freie-Elektronen-Laser
- Performance-Grenzen von Beschleunigern (z.B. Ultra-kurze Elektronenpulse, hochintensive Protonenstrahlen, Strahl-Strahl-Wechselwirkungen bei Collidern)
- Neue Technologien, aktuelle & zukünftige Projekte

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, der integrierten Übungen und Prüfungsvorbereitung (120 Stunden), Vorbereitung und Durchführung der praktischen Übungen, Auswertungen und Erstellung von Messprotokollen (60 Stunden).

**Literatur**


- E.J.N. Wilson: An Introduction to Particle Accelerators, Oxford University Press,2001
- H. Wiedemann: Particle Acclerator Physics 1&2, Springer, 1993
- K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teubner Studienbücher, 2.Aufl., 1996
- A. Hofmann: The Physics of Synchrotron Radiation, Cambridge Univ. Press, 2004
- P. Schmüser, M. Dohlus, J. Rossbach, Ultraviolet and Soft X-Ray Free Electron Lasers, Springer, 2010

## M 3.23 Modul: Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-104870]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109903 | Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Bernhard, Müller |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Nach Besuch der Veranstaltung können Sie die Grundlagen der Beschleunigerphysik darstellen und einfache Strahltransportsysteme berechnen. Sie können die Beschleunigergrundtypen beschreiben, deren Funktionsweisen gegenüberstellen und die Eignung für den Einsatz in physikalischen Experimenten
einschätzen. Sie können die wesentlichen Eigenschaften der Synchrotronstrahlung darstellen, die physikalischen Grundlagen sowie die wichtigsten technische Konzepte zu ihrer Erzeugung beschreiben und wesentliche Kenngrößen einer Synchrotronstrahlungsquelle berechnen. Auf dieser Grundlage können Sie Strahlungsquellen zu gegebenen experimentellen Anforderungen konzeptionell auslegen. Sie sind in der Lage, beschleunigerrelevante Technologien zu beschreiben sowie die verschiedenen Methoden zur Messung und Kontrolle von Strahlparametern zu identifizieren, klassifizieren und zu begründen. Ihre erworbenen Kenntnisse zur Wechselwirkung von Teilchenensembles untereinander und mit der von ihnen erzeugten Strahlung versetzen Sie in die Lage, die Funktionsweise des Freie-Elektronen-Lasers fundiert beschreiben und insgesamt Kriterien für die Optimierung von Beschleunigern für eine gegebene Anwendung aufzustellen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104869 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104871 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104872 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundtypen von Beschleunigern (u.a. elektrostatische Beschleuniger, Linacs, Kreisbeschleuniger, Speicherringe & Collider)
- Physik der Synchrotronstrahlung, Wiggler und Undulatoren (Elektrodynamik bewegter Punktladungen, Eigenschaften der normalen Synchrotronstrahlung und Undulatorstrahlung)
- Strahloptik und Strahldynamik (z.B. Magnetische Linsen, Strahleigenschaften, transversale & longitudinale Schwingung und Dämpfung, Vielteilchensysteme)
- Magnettechnologie für Beschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen
- Messung und Kontrolle von Strahlparametern
- Freie-Elektronen-Laser
- Performance-Grenzen von Beschleunigern (z.B. Ultra-kurze Elektronenpulse, hochintensive Protonenstrahlen, Strahl-Strahl-Wechselwirkungen bei Collidern)
- Neue Technologien, aktuelle & zukünftige Projekte

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, der integrierten Übungen und Prüfungsvorbereitung (120 Stunden), Vorbereitung und Durchführung der praktischen Übungen, Auswertungen und Erstellung von Messprotokollen (60 Stunden).

**Literatur**


- E.J.N. Wilson: An Introduction to Particle Accelerators, Oxford University Press,2001
- H. Wiedemann: Particle Acclerator Physics 1&2, Springer, 1993
- K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teubner Studienbücher, 2.Aufl., 1996
- A. Hofmann: The Physics of Synchrotron Radiation, Cambridge Univ. Press, 2004
- P. Schmüser, M. Dohlus, J. Rossbach, Ultraviolet and Soft X-Ray Free Electron Lasers, Springer, 2010

# M 3.24 Modul: Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen [M-PHYS-104871]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109905 | Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen | 6 LP | Bernhard, Müller |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Nach Besuch der Veranstaltung können Sie die Grundlagen der Beschleunigerphysik darstellen und einfache Strahltransportsysteme berechnen. Sie können die Beschleunigergrundtypen beschreiben, deren Funktionsweisen gegenüberstellen und die Eignung für den Einsatz in physikalischen Experimenten
einschätzen. Sie können die wesentlichen Eigenschaften der Synchrotronstrahlung darstellen, die physikalischen Grundlagen sowie die wichtigsten technische Konzepte zu ihrer Erzeugung beschreiben und wesentliche Kenngrößen einer Synchrotronstrahlungsquelle berechnen. Auf dieser Grundlage können Sie Strahlungsquellen zu gegebenen experimentellen Anforderungen konzeptionell auslegen. Sie sind in der Lage, beschleunigerrelevante Technologien zu beschreiben sowie die verschiedenen Methoden zur Messung und Kontrolle von Strahlparametern zu identifizieren, klassifizieren und zu begründen. Ihre erworbenen Kenntnisse zur Wechselwirkung von Teilchenensembles untereinander und mit der von ihnen erzeugten Strahlung versetzen Sie in die Lage, die Funktionsweise des Freie-Elektronen-Lasers fundiert beschreiben und insgesamt Kriterien für die Optimierung von Beschleunigern für eine gegebene Anwendung aufzustellen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104869 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104870 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104872 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundtypen von Beschleunigern (u.a. elektrostatische Beschleuniger, Linacs, Kreisbeschleuniger, Speicherringe & Collider)
- Physik der Synchrotronstrahlung, Wiggler und Undulatoren (Elektrodynamik bewegter Punktladungen, Eigenschaften der normalen Synchrotronstrahlung und Undulatorstrahlung)
- Strahloptik und Strahldynamik (z.B. Magnetische Linsen, Strahleigenschaften, transversale & longitudinale Schwingung und Dämpfung, Vielteilchensysteme)
- Magnettechnologie für Beschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen
- Messung und Kontrolle von Strahlparametern
- Freie-Elektronen-Laser
- Performance-Grenzen von Beschleunigern (z.B. Ultra-kurze Elektronenpulse, hochintensive Protonenstrahlen, Strahl-Strahl-Wechselwirkungen bei Collidern)
- Neue Technologien, aktuelle & zukünftige Projekte

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, der integrierten Übungen und Prüfungsvorbereitung (120 Stunden)

**Literatur**


- E.J.N. Wilson: An Introduction to Particle Accelerators, Oxford University Press,2001
- H. Wiedemann: Particle Acclerator Physics 1&2, Springer, 1993
- K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teubner Studienbücher, 2.Aufl., 1996
- A. Hofmann: The Physics of Synchrotron Radiation, Cambridge Univ. Press, 2004
- P. Schmüser, M. Dohlus, J. Rossbach, Ultraviolet and Soft X-Ray Free Electron Lasers, Springer, 2010

# M 3.25 Modul: Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-104872]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109906 | Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Bernhard, Müller |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Nach Besuch der Veranstaltung können Sie die Grundlagen der Beschleunigerphysik darstellen und einfache Strahltransportsysteme berechnen. Sie können die Beschleunigergrundtypen beschreiben, deren Funktionsweisen gegenüberstellen und die Eignung für den Einsatz in physikalischen Experimenten
einschätzen. Sie können die wesentlichen Eigenschaften der Synchrotronstrahlung darstellen, die physikalischen Grundlagen sowie die wichtigsten technische Konzepte zu ihrer Erzeugung beschreiben und wesentliche Kenngrößen einer Synchrotronstrahlungsquelle berechnen. Auf dieser Grundlage können Sie Strahlungsquellen zu gegebenen experimentellen Anforderungen konzeptionell auslegen. Sie sind in der Lage, beschleunigerrelevante Technologien zu beschreiben sowie die verschiedenen Methoden zur Messung und Kontrolle von Strahlparametern zu identifizieren, klassifizieren und zu begründen. Ihre erworbenen Kenntnisse zur Wechselwirkung von Teilchenensembles untereinander und mit der von ihnen erzeugten Strahlung versetzen Sie in die Lage, die Funktionsweise des Freie-Elektronen-Lasers fundiert beschreiben und insgesamt Kriterien für die Optimierung von Beschleunigern für eine gegebene Anwendung aufzustellen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104869 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104870 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104871 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundtypen von Beschleunigern (u.a. elektrostatische Beschleuniger, Linacs, Kreisbeschleuniger, Speicherringe & Collider)
- Physik der Synchrotronstrahlung, Wiggler und Undulatoren (Elektrodynamik bewegter Punktladungen, Eigenschaften der normalen Synchrotronstrahlung und Undulatorstrahlung)
- Strahloptik und Strahldynamik (z.B. Magnetische Linsen, Strahleigenschaften, transversale & longitudinale Schwingung und Dämpfung, Vielteilchensysteme)
- Magnettechnologie für Beschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen
- Messung und Kontrolle von Strahlparametern
- Freie-Elektronen-Laser
- Performance-Grenzen von Beschleunigern (z.B. Ultra-kurze Elektronenpulse, hochintensive Protonenstrahlen, Strahl-Strahl-Wechselwirkungen bei Collidern)
- Neue Technologien, aktuelle & zukünftige Projekte

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Vor- und Nachbereitung der Vorlesung, der integrierten Übungen und Prüfungsvorbereitung (120 Stunden)

**Literatur**


- E.J.N. Wilson: An Introduction to Particle Accelerators, Oxford University Press,2001
- H. Wiedemann: Particle Acclerator Physics 1&2, Springer, 1993
- K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teubner Studienbücher, 2.Aufl., 1996
- A. Hofmann: The Physics of Synchrotron Radiation, Cambridge Univ. Press, 2004
- P. Schmüser, M. Dohlus, J. Rossbach, Ultraviolet and Soft X-Ray Free Electron Lasers, Springer, 2010

# M 3.26 Modul: Computational Condensed Matter Physics [M-PHYS-104862]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109895 | Computational Condensed Matter Physics | 12 LP | Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Simulation hat sich in den letzten Jahrzehnten neben analytischer Theorie und dem Experiment als eine dritte Säule der Forschung etabliert. Sie schlägt oft die Brücke von prinzipiellen Einsichten zu Anwendungen auf spezifische Systeme. Ziel dieser Vorlesung ist die Entwicklung und Erlangung von Wissen zur materialspezifischen Simulation für Systeme der kondensierten Materie, vom geordneten Festkörper bis hin zur weichen Materie. Im Zentrum steht dabei der Erwerb von Kenntnissen zu den zur Verfügung stehenden Simulationsverfahren und deren Anwendung auf spezifische Fragestellungen in der kondensierten Materie. Ziel ist weiterhin der Erwerb von Schlüsselfähigkeiten in der Nutzung von open-source Software zur Lösung von Simulationsproblemen in der kondensierten Materie, Entwicklung von Fähigkeiten der Autonomie, Problemlösung. Erlangung von Fähigkeiten in der Synthese der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren zur ganzheitlichen Beschreibung in der Simulation von Materialeigenschaften.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104863 - Computational Condensed Matter Physics (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Quantenmechanik von Vielteilchensystemen
- Methoden der Quantenchemie (LCAO, Hartree Fock, Dichtefunktionaltheorie, Elektronenkorrelationen)
- Anwendungen auf Moleküle und Festkörper
- Simulationsverfahren für klassische Vielteilchensysteme (Monte Carlo, Molekulardynamik)
- Anwendungen auf die Strukturbildung in Polymeren, Gläsern und Festkörpern.
- Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren) und Verfahren der künstlichen Intelligenz
- Modellierung des elektronischen Transports

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

**Arbeitsaufwand**
360 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden Vorlesung, 30 Stunden Übungen), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (270 Stunden)

**Literatur**

- Mark Newman: Computational Physics
- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Kurt Binder: Monte Carlo Simulation in Statistical Physics
- Leach: Molecular Modeling

# M 3.27 Modul: Computational Condensed Matter Physics (NF) [M-PHYS-104863]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109894 | Computational Condensed Matter Physics (NF) | 12 LP | Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Simulation hat sich in den letzten Jahrzehnten neben analytischer Theorie und dem Experiment als eine dritte Säule der Forschung etabliert. Sie schlägt oft die Brücke von prinzipiellen Einsichten zu Anwendungen auf spezifische Systeme. Ziel dieser Vorlesung ist die Entwicklung und Erlangung von Wissen zur materialspezifischen Simulation für Systeme der kondensierten Materie, vom geordneten Festkörper bis hin zur weichen Materie. Im Zentrum steht dabei der Erwerb von Kenntnissen zu den zur Verfügung stehenden Simulationsverfahren und deren Anwendung auf spezifische Fragestellungen in der kondensierten Materie. Ziel ist weiterhin der Erwerb von Schlüsselfähigkeiten in der Nutzung von open-source Software zur Lösung von Simulationsproblemen in der kondensierten Materie, Entwicklung von Fähigkeiten der Autonomie, Problemlösung. Erlangung von Fähigkeiten in der Synthese der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren zur ganzheitlichen Beschreibung in der Simulation von Materialeigenschaften.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104862 - Computational Condensed Matter Physics darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Quantenmechanik von Vielteilchensystemen
- Methoden der Quantenchemie (LCAO, Hartree Fock, Dichtefunktionaltheorie, Elektronenkorrelationen)
- Anwendungen auf Moleküle und Festkörper
- Simulationsverfahren für klassische Vielteilchensysteme (Monte Carlo, Molekulardynamik)
- Anwendungen auf die Strukturbildung in Polymeren, Gläsern und Festkörpern.
- Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren) und Verfahren der künstlichen Intelligenz
- Modellierung des elektronischen Transports

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

**Arbeitsaufwand**
360 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden Vorlesung, 30 Stunden Übungen), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (270 Stunden)

**Literatur**

- Mark Newman: Computational Physics
- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Kurt Binder: Monte Carlo Simulation in Statistical Physics
- Leach: Molecular Modeling

# M 3.28 Modul: Computational Photonics, with ext. Exercises [M-PHYS-101933]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103633 | Computational Photonics, with ext. Exercises | 8 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students can use a computer to solve optical problems and can use a computer to visualize details of the light matter interaction, know different strategies to solve Maxwell's equations on rigorous grounds, know how spatial symmetries and the arrangement of matter in space can be used to formulate Maxwell's equations such that they are amenable for a numerical solution, can implement programs with a reasonable complexity by themselves, can use a computer to discuss and explore optical phenomena, and are familiar with basic computational strategies that emerge in photonics, but comparably in any other scientific discipline as well.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103090 - Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103089 - Computational Photonics, without ext. Exercises darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103193 - Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Transfer Matrix Method to describe the optical response from stratified media
- Finite Differences to characterize eigenmode in fiber waveguides
- Beam propagation method to describe the evolution of light in the realm of integrated optics
- Grating methods to predict reflection and transmission from periodically arranged material in 1D and 2D
- Mie Theory to describe the scattering of light from individual cylindrical or spherical objects
- Finite-Difference Time-Domain method as a general purpose tool to solve micro- and nanooptical problems
- Multiple Multipole Method as an approach to describe light scattering from single objects with an arbitrary shape
- Greens' Methods to discuss equally the scattering from single objects but embedded in an inhomogeneous background
- Boundary Integral Method to discuss scattering from objects highly efficient using expressions for the fields on the surface

**Empfehlungen**
Interest in theoretical physics, optics and electrodynamics. Moreover, interest in computational aspects is important.

**Anmerkungen**
Für Studierende der KIT-Fakultät für Informatik gilt: Die Prüfungen in diesem Modul sind über Zulassungen vom ISS (KIT-Fakultät für Informatik) anzumelden. Dafür reicht eine E-Mail mit Matrikeln. und Name der gewünschten Prüfung an Beratung-informatik@informatik.kit.edu aus.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**

- "Classical Electrodynamics" John David Jackson
- "Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer
- “Principles of Optics” M. Born and E. Wolf
- “Computational Electro-magnetics: The Finite- Difference Time Domain Method,” A. Taflov and S. C. Hagness
- “Light Scattering by Small Particles” H. C. van de Hulst

Specific references for the individual topics will be given during the lectures.
The lecture material that will be fully made available online.

# M 3.29 Modul: Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) [M-PHYS-103090]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106132 | Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) | 8 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students can use a computer to solve optical problems and can use a computer to visualize details of the light matter interaction, know different strategies to solve Maxwell's equations on rigorous grounds, know how spatial symmetries and the arrangement of matter in space can be used to formulate Maxwell's equations such that they are amenable for a numerical solution, can implement programs with a reasonable complexity by themselves, can use a computer to discuss and explore optical phenomena, and are familiar with basic computational strategies that emerge in photonics, but comparably in any other scientific discipline as well.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103089 - Computational Photonics, without ext. Exercises darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-101933 - Computational Photonics, with ext. Exercises darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103193 - Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Transfer Matrix Method to describe the optical response from stratified media
- Finite Differences to characterize eigenmode in fiber waveguides
- Beam propagation method to describe the evolution of light in the realm of integrated optics
- Grating methods to predict reflection and transmission from periodically arranged material in 1D and 2D
- Mie Theory to describe the scattering of light from individual cylindrical or spherical objects
- Finite-Difference Time-Domain method as a general purpose tool to solve micro- and nanooptical problems
- Multiple Multipole Method as an approach to describe light scattering from single objects with an arbitrary shape
- Greens' Methods to discuss equally the scattering from single objects but embedded in an inhomogeneous background
- Boundary Integral Method to discuss scattering from objects highly efficient using expressions for the fields on the surface

**Empfehlungen**
Interest in theoretical physics, optics and electrodynamics. Moreover, interest in computational aspects is important.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**

- "Classical Electrodynamics" John David Jackson
- "Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer
- "Principles of Optics" M. Born and E. Wolf
- "Computational Electro-magnetics: The Finite- Difference Time Domain Method," A. Taflov and S. C. Hagness
- "Light Scattering by Small Particles" H. C. van de Hulst

Specific references for the individual topics will be given during the lectures.
The lecture material that will be fully made available online.

# M 3.30 Modul: Computational Photonics, without ext. Exercises [M-PHYS-103089]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106131 | Computational Photonics, without ext. Exercises | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students can use a computer to solve optical problems and can use a computer to visualize details of the light matter interaction, know different strategies to solve Maxwell's equations on rigorous grounds, know how spatial symmetries and the arrangement of matter in space can be used to formulate Maxwell's equations such that they are amenable for a numerical solution, can implement programs with a reasonable complexity by themselves, can use a computer to discuss and explore optical phenomena, and are familiar with basic computational strategies that emerge in photonics, but comparably in any other scientific discipline as well.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101933 - Computational Photonics, with ext. Exercises darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103090 - Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103193 - Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Transfer Matrix Method to describe the optical response from stratified media
- Finite Differences to characterize eigenmode in fiber waveguides
- Beam propagation method to describe the evolution of light in the realm of integrated optics
- Grating methods to predict reflection and transmission from periodically arranged material in 1D and 2D
- Mie Theory to describe the scattering of light from individual cylindrical or spherical objects
- Finite-Difference Time-Domain method as a general purpose tool to solve micro- and nanooptical problems
- Multiple Multipole Method as an approach to describe light scattering from single objects with an arbitrary shape
- Greens' Methods to discuss equally the scattering from single objects but embedded in an inhomogeneous background
- Boundary Integral Method to discuss scattering from objects highly efficient using expressions for the fields on the surface

**Empfehlungen**
Interest in theoretical physics, optics and electrodynamics. Moreover, interest in computational aspects is important.

**Anmerkungen**
Für Studierende der KIT-Fakultät für Informatik gilt: Die Prüfungen in diesem Modul sind über Zulassungen vom ISS (KIT-Fakultät für Informatik) anzumelden. Dafür reicht eine E-Mail mit Matrikeln. und Name der gewünschten Prüfung an Beratung-informatik@informatik.kit.edu aus.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Literatur**


- "Classical Electrodynamics" John David Jackson
- "Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer
- “Principles of Optics” M. Born and E. Wolf
- “Computational Electro-magnetics: The Finite- Difference Time Domain Method,” A. Taflov and S. C. Hagness
- “Light Scattering by Small Particles” H. C. van de Hulst


Specific references for the individual topics will be given during the lectures.
The lecture material that will be fully made available online.

# M 3.31 Modul: Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) [M-PHYS-103193]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106326 | Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students can use a computer to solve optical problems and can use a computer to visualize details of the light matter interaction, know different strategies to solve Maxwell's equations on rigorous grounds, know how spatial symmetries and the arrangement of matter in space can be used to formulate Maxwell's equations such that they are amenable for a numerical solution, can implement programs with a reasonable complexity by themselves, can use a computer to discuss and explore optical phenomena, and are familiar with basic computational strategies that emerge in photonics, but comparably in any other scientific discipline as well.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101933 - Computational Photonics, with ext. Exercises darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103090 - Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103089 - Computational Photonics, without ext. Exercises darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Transfer Matrix Method to describe the optical response from stratified media
- Finite Differences to characterize eigenmode in fiber waveguides
- Beam propagation method to describe the evolution of light in the realm of integrated optics
- Grating methods to predict reflection and transmission from periodically arranged material in 1D and 2D
- Mie Theory to describe the scattering of light from individual cylindrical or spherical objects
- Finite-Difference Time-Domain method as a general purpose tool to solve micro- and nanooptical problems
- Multiple Multipole Method as an approach to describe light scattering from single objects with an arbitrary shape
- Greens' Methods to discuss equally the scattering from single objects but embedded in an inhomogeneous background
- Boundary Integral Method to discuss scattering from objects highly efficient using expressions for the fields on the surface

**Empfehlungen**
Interest in theoretical physics, optics and electrodynamics. Moreover, interest in computational aspects is important.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Literatur**

- "Classical Electrodynamics" John David Jackson
- "Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer
- "Principles of Optics" M. Born and E. Wolf
- "Computational Electro-magnetics: The Finite- Difference Time Domain Method," A. Taflov and S. C. Hagness
- "Light Scattering by Small Particles" H. C. van de Hulst

Specific references for the individual topics will be given during the lectures.
The lecture material that will be fully made available online.

# M 3.32 Modul: Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics [M-PHYS-105139]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110390 | Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics | 8 LP | Gornyi, Mirlin |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Qualifikationsziele**
Vertiefung im Gebiet der Theorie der kondensierten Materie; Erlangen von Wissen über wichtigste Konzepte sowie über theoretische Methoden der Untersuchung von ungeordneten Systemen und kritischen Phänomenen

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105140 - Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung (in engl. Sprache):

1. Introduction; Equilibrium phase transitions; Scaling and renormalization group
2. Critical behavior in disordered systems (Harris criterion, strong-disorder RG and Griffiths phases)
3. Classical stochastic systems, Langevin and Fokker-Planck equations, Martin-Siggia-Rose formalism
4. Dynamical critical phenomena; Instrinsically nonequilibrium fluctuation dynamics; Kardar-Parizi-Zhang equation

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, der Quantenmechanik und der statistischen Physik werden vorausgesetzt.In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180 Stunden).

**Literatur**


- Kamenev, *Field theory of non-equilibrium systems*
- Chaikin & Lubensky, *Principles of Condensed Matter Physics*
- Hohenberg & Halperin, Rev. Mod. Phys. **49**, 435 (1977)
- Halpin-Healy & Zhang, Phys. Rep. **254**, 215 (1995)
- Igloi & Monthus, Phys. Rep. **412**, 277 (2005)

# M 3.33 Modul: Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF) [M-PHYS-105140]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110391 | Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF) | 8 LP | Gornyi, Mirlin |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul als Nebenfach verwendet wird, werden die Leistungspunkte durch eine Studienleistung (Kurzvorträge im Rahmen der Vorlesung) erworben.

**Qualifikationsziele**
Vertiefung im Gebiet der Theorie der kondensierten Materie; Erlangen von Wissen über wichtigste Konzepte sowie über theoretische Methoden der Untersuchung von ungeordneten Systemen und kritischen Phänomenen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105139 - Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung (in engl. Sprache):

1. Introduction; Equilibrium phase transitions; Scaling and renormalization group
2. Critical behavior in disordered systems (Harris criterion, strong-disorder RG and Griffiths phases)
3. Classical stochastic systems, Langevin and Fokker-Planck equations, Martin-Siggia-Rose formalism
4. Dynamical critical phenomena; Instrinsically nonequilibrium fluctuation dynamics; Kardar-Parizi-Zhang equation

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, der Quantenmechanik und der statistischen Physik werden vorausgesetzt.In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung (180 Stunden).

**Literatur**


- Kamenev, *Field theory of non-equilibrium systems*
- Chaikin & Lubensky, *Principles of Condensed Matter Physics*
- Hohenberg & Halperin, Rev. Mod. Phys. **49**, 435 (1977)
- Halpin-Healy & Zhang, Phys. Rep. **254**, 215 (1995)
- Igloi & Monthus, Phys. Rep. **412**, 277 (2005)

# M 3.34 Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen [M-PHYS-102121]

**Verantwortung:** Dr.-Ing. Frank Hartmann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102378 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen | 8 LP | Husemann, Müller |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Teilchen- und Astroteilchenphysik. Die Studierenden lernen experimentelle Aspekte der Messung von Teilcheneigenschaften. Damit erlernen sie die Grundlagen für ein detaillierte Analyse experimenteller Daten, die Simulation von komplexen Experimenten sowie die Arbeit mit modernen Teilchendetektoren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102119 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102120 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102122 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Wechselwirkung von Elektronen, Photonen, Myonen, geladenen und neutralen Hadronen mit Materie; elektronischer Nachweis von Teilchenstrahlung und Messung der deponierten Energie sowie Teilchenidentifikation; gasgefüllte Detektoren, Szintillatoren, Photomultiplier, Siliziumdetektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter, Detektorsysteme, Trigger und Datenerfassung, Rekonstruktion physikalischer Objekte in Detektorsystemen, Anwendungen außerhalb der Grundlagenforschung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der experimentellen Kern- und Teilchenphysik, z. B. aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik. Hilfreich sind auch Grundlagen der Elektronik.

**Literatur**


- K. Kleinknecht: Detektoren für Teilchenstrahlung, Teubner (2005)
- W. R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer (1994)
- C. Grupen: Particle Detectors, Cambridge University Press (2011)
- Particle Data Group: The Review of Particle Physics
- N. Wermes, H. Kolanoski: Teilchendetektoren, Springer (2016)

# M 3.35 Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102122]

**Verantwortung:** Dr.-Ing. Frank Hartmann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102431 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Husemann, Müller |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Teilchen- und Astroteilchenphysik. Die Studierenden lernen experimentelle Aspekte der Messung von Teilcheneigenschaften. Damit erlernen sie die Grundlagen für ein detaillierte Analyse experimenteller Daten, die Simulation von komplexen Experimenten sowie die Arbeit mit modernen Teilchendetektoren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102119 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102120 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102121 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Wechselwirkung von Elektronen, Photonen, Myonen, geladenen und neutralen Hadronen mit Materie; elektronischer Nachweis von Teilchenstrahlung und Messung der deponierten Energie sowie Teilchenidentifikation; gasgefüllte Detektoren, Szintillatoren, Photomultiplier, Siliziumdetektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter, Detektorsysteme, Trigger und Datenerfassung, Rekonstruktion physikalischer Objekte in Detektorsystemen, Anwendungen außerhalb der Grundlagenforschung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der experimentellen Kern- und Teilchenphysik, z. B. aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik. Hilfreich sind auch Grundlagen der Elektronik.

**Literatur**


- K. Kleinknecht: Detektoren für Teilchenstrahlung, Teubner (2005)
- W. R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer (1994)
- C. Grupen: Particle Detectors, Cambridge University Press (2011)
- Particle Data Group: The Review of Particle Physics
- N. Wermes, H. Kolanoski: Teilchendetektoren, Springer (2016)

# M 3.36 Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102119]

**Verantwortung:** Dr. Frank Hartmann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104453 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen | 6 LP | Husemann, Müller |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Teilchen- und Astroteilchenphysik. Die Studierenden lernen experimentelle Aspekte der Messung von Teilcheneigenschaften. Damit erlernen sie die Grundlagen für ein detaillierte Analyse experimenteller Daten, die Simulation von komplexen Experimenten sowie die Arbeit mit modernen Teilchendetektoren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102120 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102121 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102122 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Wechselwirkung von Elektronen, Photonen, Myonen, geladenen und neutralen Hadronen mit Materie; elektronischer Nachweis von Teilchenstrahlung und Messung der deponierten Energie sowie Teilchenidentifikation; gasgefüllte Detektoren, Szintillatoren, Photomultiplier, Siliziumdetektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter, Detektorsysteme, Trigger und Datenerfassung, Rekonstruktion physikalischer Objekte in Detektorsystemen, Anwendungen außerhalb der Grundlagenforschung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der experimentellen Kern- und Teilchenphysik, z. B. aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik. Hilfreich sind auch Grundlagen der Elektronik.

**Literatur**


- K. Kleinknecht: Detektoren für Teilchenstrahlung, Teubner (2005)
- W. R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer (1994)
- C. Grupen: Particle Detectors, Cambridge University Press (2011)
- Particle Data Group: The Review of Particle Physics
- N. Wermes, H. Kolanoski: Teilchendetektoren, Springer (2016)

# M 3.37 Modul: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102120]

**Verantwortung:** Dr.-Ing. Frank Hartmann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104454 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Husemann, Müller |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Teilchen- und Astroteilchenphysik. Die Studierenden lernen experimentelle Aspekte der Messung von Teilcheneigenschaften. Damit erlernen sie die Grundlagen für ein detaillierte Analyse experimenteller Daten, die Simulation von komplexen Experimenten sowie die Arbeit mit modernen Teilchendetektoren.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102119 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102121 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102122 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Wechselwirkung von Elektronen, Photonen, Myonen, geladenen und neutralen Hadronen mit Materie; elektronischer Nachweis von Teilchenstrahlung und Messung der deponierten Energie sowie Teilchenidentifikation; gasgefüllte Detektoren, Szintillatoren, Photomultiplier, Siliziumdetektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter, Detektorsysteme, Trigger und Datenerfassung, Rekonstruktion physikalischer Objekte in Detektorsystemen, Anwendungen außerhalb der Grundlagenforschung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der experimentellen Kern- und Teilchenphysik, z. B. aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik. Hilfreich sind auch Grundlagen der Elektronik.

**Literatur**


- K. Kleinknecht: Detektoren für Teilchenstrahlung, Teubner (2005)
- W. R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer (1994)
- C. Grupen: Particle Detectors, Cambridge University Press (2011)
- Particle Data Group: The Review of Particle Physics
- N. Wermes, H. Kolanoski: Teilchendetektoren, Springer (2016)

# M 3.38 Modul: Dunkle Materie - Theoretische Aspekte [M-PHYS-102981]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105957 | Dunkle Materie - Theoretische Aspekte | 6 LP | Schwetz-Mangold |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden werden mit dem fächerübergreifenden Problem der Dunklen Materie vertraut gemacht. Der erlernte Stoff beinhaltet verschiedenste Aspekte der Teilchenphysik, Kosmologie, Gravitation und Astrophysik, sowie Phänomenologie von astroteilchenphysikalischen Experimenten. Studierende verstehen die kosmologischen Beobachtungen, die auf die Existenz der dunklen Materie hindeuten. Sie können die verschiedenen möglichen Teilchenkandidaten für dunkle Materie beschreiben und verstehen die wesentlichen Aspekte der zugrundeliegenden teilchenphysikalischen Modelle.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103187 - Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung bietet eine Einführung in das Problem der Dunklen Materie (DM). Die astrophysikalischen and kosmologischen Beobachtungen, die auf die Existenz von DM hindeuten werden diskutiert, wie z.B. Strukturbildung im Universum. Die Phänomenologie für die verschiedenen Methoden nach DM zu suchen (direkte Suche, indirekte Suche, Suche an Beschleunigerexperimenten) wird behandelt. Teilchenphysikalische Modelle der verschiedenen Kandidaten für DM werden eingeführt, darunter WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), warme DM (sterile Neutrinos) oder Axionen. In den verschiedenen Fällen wird das Problem behandelt, wie die korrekte Dichte an Teilchen im frühen Universum produziert werden kann.

**Arbeitsaufwand**
180 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4022191 Vorlesung 2 SWS; Schwetz-Mangold

4022192 Übung 1 SWS; Schwetz-Mangold

# M 3.39 Modul: Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF) [M-PHYS-103187]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106320 | Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF) | 6 LP | Schwetz-Mangold |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden werden mit dem fächerübergreifenden Problem der Dunklen Materie vertraut gemacht. Der erlernte Stoff beinhaltet verschiedenste Aspekte der Teilchenphysik, Kosmologie, Gravitation und Astrophysik, sowie Phänomenologie von astroteilchenphysikalischen Experimenten. Studierende verstehen die kosmologischen Beobachtungen, die auf die Existenz der dunklen Materie hindeuten. Sie können die verschiedenen möglichen Teilchenkandidaten für dunkle Materie beschreiben und verstehen die wesentlichen Aspekte der zugrundeliegenden teilchenphysikalischen Modelle.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102981 - Dunkle Materie - Theoretische Aspekte darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung bietet eine Einführung in das Problem der Dunklen Materie (DM). Die astrophysikalischen and kosmologischen Beobachtungen, die auf die Existenz von DM hindeuten werden diskutiert, wie z.B. Strukturbildung im Universum. Die Phänomenologie für die verschiedenen Methoden nach DM zu suchen (direkte Suche, indirekte Suche, Suche an Beschleunigerexperimenten) wird behandelt. Teilchenphysikalische Modelle der verschiedenen Kandidaten für DM werden eingeführt, darunter WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), warme DM (sterile Neutrinos) oder Axionen. In den verschiedenen Fällen wird das Problem behandelt, wie die korrekte Dichte an Teilchen im frühen Universum produziert werden kann.

**Arbeitsaufwand**
180 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4022191 Vorlesung 2 SWS; Schwetz-Mangold

4022192 Übung 1 SWS; Schwetz-Mangold

# M 3.40 Modul: Effektive Feldtheorien [M-PHYS-103328]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106672 | Effektive Feldtheorien | 8 LP | Melnikov |

**Qualifikationsziele**
These lectures will provide an introduction to effective field theories, an important framework for understanding physical systems that depend on widely different energy scales. After developing the basic concepts, we will use this framework to analyze electromagnetic, weak and strong interactions at low energies.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103329 - Effektive Feldtheorien (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Basic concepts of effective field theories (matching calculations, power counting, classification of operators, renormalization group improved perturbation theory);
2. Standard Model at low energies (Euler-Heisenberg Lagrangian, Fermi theory, the Standard Model as an effective field theory, chiral Lagrangian and low-energy hadron physics);
3. Non-relativistic and high-energy effective theories (HQEFT, NRQED/QCD, SCET).

**Empfehlungen**
Working knowledge of Quantum Field Theory, at least at the level of TTP I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**
Literature will be described at the first lecture.

# M 3.41 Modul: Effektive Feldtheorien (NF) [M-PHYS-103329]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106673 | Effektive Feldtheorien (NF) | 8 LP | Melnikov |

**Qualifikationsziele**
These lectures will provide an introduction to effective field theories, an important framework for understanding physical systems that depend on widely different energy scales. After developing the basic concepts, we will use this framework to analyze electromagnetic, weak and strong interactions at low energies.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103328 - Effektive Feldtheorien darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Basic concepts of effective field theories (matching calculations, power counting, classification of operators, renormalization group improved perturbation theory);
2. Standard Model at low energies (Euler-Heisenberg Lagrangian, Fermi theory, the Standard Model as an effective field theory, chiral Lagrangian and low-energy hadron physics);
3. Non-relativistic and high-energy effective theories (HQEFT, NRQED/QCD, SCET).

**Empfehlungen**
Working knowledge of Quantum Field Theory, at least at the level of TTP I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**
Literature will be described at the first lecture.

# M 3.42 Modul: Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten [M-PHYS-101397]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Level | Version |
|---|---|---|---|---|
| 15 | Jedes Semester | 1 Semester | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102480 | Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten | 15 LP | Studiendekan Physik |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erlernen grundlegende Arbeitsmethoden, die für erfolgreiche wissenschaftliche Forschung erforderlich sind. Die Arbeitsmethoden selbst sind dabei unabhängig vom jeweiligen Spezialgebiet, werden aber anhand einer konkreten Aufgabenstellung (Thema der Masterarbeit) geübt und erlernt.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Der Bereich Physikalisches Schwerpunktfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
2. Der Bereich Physikalisches Ergänzungsfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
3. Der Bereich Physikalisches Nebenfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
4. Der Bereich Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
5. Der Bereich Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# M 3.43 Modul: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen [M-PHYS-102987]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105963 | Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen | 10 LP | Nierste |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Berechnung der Zerfallsamplituden von Mesonen, Verständnis der Phänomenologie des Yukawa-Sektors

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102986 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103188 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103189 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Yukawa-Wechselwirkung im Standardmodell, Lagrangedichten der QCD und der elektroschwachen Wechselwirkung, schwache Zerfälle von Mesonen, Wilson'sche Operatorproduktentwicklung, Renormierung effektiver Feldtheorien, Teilchen-Antiteilchen-Mischung, CP-Verletzung.

**Empfehlungen**
Nützlich ist Vorwissen über quantisierte Felder und das Standardmodell der Teilchenphysik, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Theoretische Teilchenphysik" (4026021). Für an Theorie interessierte Studierende ist es sinnvoll, parallel die Vorlesung "TheoretischeTeilchenphysik I" zu besuchen.

**Arbeitsaufwand**
300 h bestehend aus Präsenzzeiten (75 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
??? Vorlesung 3 oder 4 SWS; Nierste

??? Übung 2 SWS; Nierste, Schacht

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.44 Modul: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) [M-PHYS-103189]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106322 | Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) | 10 LP | Nierste |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Berechnung der Zerfallsamplituden von Mesonen, Verständnis der Phänomenologie des Yukawa-Sektors

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102986 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103188 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102987 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Yukawa-Wechselwirkung im Standardmodell, Lagrangedichten der QCD und der elektroschwachen Wechselwirkung, schwache Zerfälle von Mesonen, Wilson'sche Operatorproduktentwicklung, Renormierung effektiver Feldtheorien, Teilchen-Antiteilchen-Mischung, CP-Verletzung.

**Empfehlungen**
Nützlich ist Vorwissen über quantisierte Felder und das Standardmodell der Teilchenphysik, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Theoretische Teilchenphysik" (4026021). Für an Theorie interessierte Studierende ist es sinnvoll, parallel die Vorlesung "TheoretischeTeilchenphysik I" zu besuchen.

**Arbeitsaufwand**
300 h bestehend aus Präsenzzeiten (75 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
??? Vorlesung 3 oder 4 SWS; Nierste

??? Übung 2 SWS; Nierste, Schacht

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.45 Modul: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen [M-PHYS-102986]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105962 | Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen | 12 LP | Nierste |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Berechnung der Zerfallsamplituden von Mesonen, Verständnis der Phänomenologie des Yukawa-Sektors

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102987 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103188 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103189 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Yukawa-Wechselwirkung im Standardmodell, Lagrangedichten der QCD und der elektroschwachen Wechselwirkung, schwache Zerfälle von Mesonen, Wilson'sche Operatorproduktentwicklung, Renormierung effektiver Feldtheorien, Teilchen-Antiteilchen-Mischung, CP-Verletzung.

**Empfehlungen**
Nützlich ist Vorwissen über quantisierte Felder und das Standardmodell der Teilchenphysik, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Theoretische Teilchenphysik" (4026021). Für an Theorie interessierte Studierende ist es sinnvoll, parallel die Vorlesung "TheoretischeTeilchenphysik I" zu besuchen.

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
??? Vorlesung 3 oder 4 SWS; Nierste

??? Übung 2 SWS; Nierste, Schacht

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.46 Modul: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) [M-PHYS-103188]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106321 | Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) | 12 LP | Nierste |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Berechnung der Zerfallsamplituden von Mesonen, Verständnis der Phänomenologie des Yukawa-Sektors

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102987 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102986 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103189 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Yukawa-Wechselwirkung im Standardmodell, Lagrangedichten der QCD und der elektroschwachen Wechselwirkung, schwache Zerfälle von Mesonen, Wilson'sche Operatorproduktentwicklung, Renormierung effektiver Feldtheorien, Teilchen-Antiteilchen-Mischung, CP-Verletzung.

**Empfehlungen**
Nützlich ist Vorwissen über quantisierte Felder und das Standardmodell der Teilchenphysik, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Theoretische Teilchenphysik" (4026021). Für an Theorie interessierte Studierende ist es sinnvoll, parallel die Vorlesung "TheoretischeTeilchenphysik I" zu besuchen.

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
??? Vorlesung 3 oder 4 SWS; Nierste

??? Übung 2 SWS; Nierste, Schacht

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.47 Modul: Einführung in die Kosmologie [M-PHYS-102175]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Pflicht Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Pflicht Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102384 | Einführung in die Kosmologie | 6 LP | Drexlin |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen eingeführt werden in die Grundbegriffe der Kosmologie. Die Vorlesung vermittelt hierbei sowohl die theoretischen Konzepte wie auch einen Überblick über moderne experimentelle Methoden und Beobachtungstechniken. Die Studierenden werden anhand von konkreten Fallbeispielen aus der modernen Kosmologie in die Lage versetzt, die Konzepte zu verstehen und werden befähigt, die erlernten Methoden im Rahmen späterer eigenständiger Forschung anzuwenden.

*Methodenkompetenzerwerb:*

- Verständnis der Grundlagen der Kosmologie
- Erkenntnis von methodischen Querverbindungen zur Elementarteilchen-physik und Astroteilchenphysik
- Erwerb der Fähigkeit, sich in aktuelle Forschungsthemen eigenständig einzuarbeiten als Vorbereitung zur Masterarbeit

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102176 - Einführung in die Kosmologie (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung bietet eine Einführung in die moderne Kosmologie, die in den letzten Jahren durch den Einsatz modernster Technologien (Planck-Satellit, Galaxiendurch-musterungen wie z.B. 2dF und SDSS) und begleitender rechenintensiver Simulationen (Millennium) einen enormen Aufschwung genommen hat. Die Vielzahl an Beobachtungen hat zur Aufstellung eines sog. Konkordanz-Modells der Kosmologie geführt, in dem die Beiträge der Dunklen Energie und der Dunklen Materie die Entwicklung von großräumigen Strukturen im Universum dominieren.

Ausgehend von einer Beschreibung des frühen Universums mit den Stützpfeilern der Big Bang Theorie (Hubble-Expansion, Nukleosynthese, kosmische Hintergrund-strahlung) und den dabei auftretenden Phasenübergängen und Symmetriebrechungen wird die Entstehung und Evolution von großräumigen Strukturen im Universum bis zum heutigen „dunklen Universum“ diskutiert (Vergleich von „top-down“ mit „bottom-up“ Modellen). Besonderes Augenmerk liegt dabei auf einer eingehenden Darstellung modernster experimenteller Techniken und Analyse-methoden, die breiten Eingang in weite Bereiche der Physik gefunden haben.

Die Vorlesung vermittelt damit ein kohärentes Abbild der modernen Kosmologie und diskutiert grundlegende Fragen auch auf Nachbardisziplinen wie Teilchenphysik und Astrophysik und kann daher mit anderen Vorlesungen aus dem Bereich der Experimentellen Astroteilchenphysik und Experimentellen Teilchenphysik ergänzt werden.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.48 Modul: Einführung in die Kosmologie (NF) [M-PHYS-102176]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102433 | Einführung in die Kosmologie (NF) | 6 LP | Drexlin |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen eingeführt werden in die Grundbegriffe der Kosmologie. Die Vorlesung vermittelt hierbei sowohl die theoretischen Konzepte wie auch einen Überblick über moderne experimentelle Methoden und Beobachtungstechniken. Die Studierenden werden anhand von konkreten Fallbeispielen aus der modernen Kosmologie in die Lage versetzt, die Konzepte zu verstehen und werden befähigt, die erlernten Methoden im Rahmen späterer eigenständiger Forschung anzuwenden.

*Methodenkompetenzerwerb:*

- Verständnis der Grundlagen der Kosmologie
- Erkenntnis von methodischen Querverbindungen zur Elementarteilchen-physik und Astroteilchenphysik
- Erwerb der Fähigkeit, sich in aktuelle Forschungsthemen eigenständig einzuarbeiten als Vorbereitung zur Masterarbeit

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102175 - Einführung in die Kosmologie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung bietet eine Einführung in die moderne Kosmologie, die in den letzten Jahren durch den Einsatz modernster Technologien (Planck-Satellit, Galaxiendurch-musterungen wie z.B. 2dF und SDSS) und begleitender rechenintensiver Simulationen (Millennium) einen enormen Aufschwung genommen hat. Die Vielzahl an Beobachtungen hat zur Aufstellung eines sog. Konkordanz-Modells der Kosmologie geführt, in dem die Beiträge der Dunklen Energie und der Dunklen Materie die Entwicklung von großräumigen Strukturen im Universum dominieren.

Ausgehend von einer Beschreibung des frühen Universums mit den Stützpfeilern der Big Bang Theorie (Hubble-Expansion, Nukleosynthese, kosmische Hintergrund-strahlung) und den dabei auftretenden Phasenübergängen und Symmetriebrechungen wird die Entstehung und Evolution von großräumigen Strukturen im Universum bis zum heutigen „dunklen Universum“ diskutiert (Vergleich von „top-down“ mit „bottom-up“ Modellen). Besonderes Augenmerk liegt dabei auf einer eingehenden Darstellung modernster experimenteller Techniken und Analyse-methoden, die breiten Eingang in weite Bereiche der Physik gefunden haben.

Die Vorlesung vermittelt damit ein kohärentes Abbild der modernen Kosmologie und diskutiert grundlegende Fragen auch auf Nachbardisziplinen wie Teilchenphysik und Astrophysik und kann daher mit anderen Vorlesungen aus dem Bereich der Experimentellen Astroteilchenphysik und Experimentellen Teilchenphysik ergänzt werden.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse aus Vorlesung „Kerne und Teilchen“

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.49 Modul: Einführung in die Supersymmetrie [M-PHYS-104091]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108477 | Einführung in die Supersymmetrie | 6 LP | Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Qualifikationsziele:Die Studierenden werden mit den wichtigsten Konzepten der Supersymmetrie vertraut gemacht. Die Studie-renden erlernen die theoretischen Grundlagen der Supersymmetrie, und erlangen Kenntnisse über wichtigephänomenologische Aspekte von supersymmetrischen Modellen.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**
Superfelder und SUSY-Transformationen; Superpotential und Lagrangedichte supersymmetrischer Modelle; SUSY-Brechung; das minimale supersymmetrische Standard Modell (MSSM); Higgs-Physik im MSSM; Experimentelle Suchen nach Supersymmetrie; Ausblick auf nicht-minimale, supersymmetrische Modelle

**Empfehlungen**
Empfehlungen: Grundkenntnisse in theoretischer Teilchenphysik und Kenntnisse des Standardmodells der Teilchenphysik sind empfehlenswert.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung, Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4026161 Vorlesung 2 SWS; D. Zeppenfeld, F. Staub

4026162 Übung 1 SWS; D. Zeppenfeld, F. Staub

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.50 Modul: Einführung in die Theoretische Kosmologie [M-PHYS-104855]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109887 | Einführung in die Theoretische Kosmologie | 8 LP | Schwetz-Mangold |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden lernen verschiedene Aspekte des Urknallmodells des Universums kennen. Sie verstehen die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien und erlernen die relevanten Methoden der theoretischen Physik, die in der Kosmologie zur Anwendung kommen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104856 - Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung gibt eine Einführung in das Standardmodell der Kosmologie, das sogenannte LCDM Modell. Die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien werden diskutiert. Ausgehende von fundamentalen Theorien wie Relativitätstheorie, Teilchenphysik, Thermodynamik und statistischer Physik werden die Eigenschaften und Vorhersagen des LCDM Modells hergeleitet. Wir behandeln unter anderem die Expansion des Universums, dunkle Materie, dunkle Energie, kosmische Strukturbildung, kosmische Hintergrundstrahlung und die Theorie der Inflation.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse in Allgemeiner Relativitätstheorie sind empfehlenswert, es werden aber alle benötigten Konzepte eingeführt. Elementare Kenntnisse der Teilchenphysik sind hilfreich.

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 h)

**Literatur**


- S. Dodelson, Modern Cosmology;
- D. Gorbunov, V. Rubakov, Introduction to the Theory of the Early Universe: Hot Big Bang Theory;
- D. Gorbunov, V. Rubakov, Introduction to the Theory of the Early Universe: Cosmological Perturbations and Inflationary Theory;
- S. Weinberg, Cosmology;
- V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology;


Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.51 Modul: Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF) [M-PHYS-104856]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109888 | Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF) | 8 LP | Schwetz-Mangold |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden lernen verschiedene Aspekte des Urknallmodells des Universums kennen. Sie verstehen die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien und erlernen die relevanten Methoden der theoretischen Physik, die in der Kosmologie zur Anwendung kommen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104855 - Einführung in die Theoretische Kosmologie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung gibt eine Einführung in das Standardmodell der Kosmologie, das sogenannte LCDM Modell. Die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien werden diskutiert. Ausgehende von fundamentalen Theorien wie Relativitätstheorie, Teilchenphysik, Thermodynamik und statistischer Physik werden die Eigenschaften und Vorhersagen des LCDM Modells hergeleitet. Wir behandeln unter anderem die Expansion des Universums, dunkle Materie, dunkle Energie, kosmische Strukturbildung, kosmische Hintergrundstrahlung und die Theorie der Inflation.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse in Allgemeiner Relativitätstheorie sind empfehlenswert, es werden aber alle benötigten Konzepte eingeführt. Elementare Kenntnisse der Teilchenphysik sind hilfreich.

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 h)

**Literatur**

- S. Dodelson, Modern Cosmology;
- D. Gorbunov, V. Rubakov, Introduction to the Theory of the Early Universe: Hot Big Bang Theory;
- D. Gorbunov, V. Rubakov, Introduction to the Theory of the Early Universe: Cosmological Perturbations and Inflationary Theory;
- S. Weinberg, Cosmology;
- V. Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology;

Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

# M 3.52 Modul: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen [M-PHYS-102221]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104536 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen | 10 LP | Mühlleitner, Steinhauser |

**Qualifikationsziele**
Erste Grundkenntnisse der Themen, Begriffe und des Handwerkszeugs in der Theoretischen Teilchenphysik; Verschaffen eines Überblicks über die Fragestellungen der Theoretischen Teilchenphysik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102424 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102425 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102426 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lagrange densities, symmetries and conservation laws, Feynman rules, cross sections, elementary processes in QED, spontaneous symmetry breaking, Higgs mechanism, Standard Model of particle physics, decay rates, Higgs boson phenomenology

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik I und II

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen *(225)*

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.53 Modul: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102424]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104791 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) | 10 LP | Mühlleitner, Steinhauser |

**Qualifikationsziele**
Erste Grundkenntnisse der Themen, Begriffe und des Handwerkszeugs in der Theoretischen Teilchenphysik; Verschaffen eines Überblicks über die Fragestellungen der Theoretischen Teilchenphysik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102221 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102425 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102426 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lagrange densities, symmetries and conservation laws, Feynman rules, cross sections, elementary processes in QED, spontaneous symmetry breaking, Higgs mechanism, Standard Model of particle physics, decay rates, Higgs boson phenomenology

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik I und II

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen *(225)*

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.54 Modul: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102425]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104792 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen | 8 LP | Mühlleitner, Steinhauser |

**Qualifikationsziele**
Erste Grundkenntnisse der Themen, Begriffe und des Handwerkszeugs in der Theoretischen Teilchenphysik; Verschaffen eines Überblicks über die Fragestellungen der Theoretischen Teilchenphysik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102221 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102424 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102426 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lagrange densities, symmetries and conservation laws, Feynman rules, cross sections, elementary processes in QED, spontaneous symmetry breaking, Higgs mechanism, Standard Model of particle physics, decay rates, Higgs boson phenomenology

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik I und II

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen *(180)*

**Lehr- und Lernformen**
Will be provided in the first lecture.

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.55 Modul: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102426]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104793 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) | 8 LP | Mühlleitner, Steinhauser |

**Qualifikationsziele**
Erste Grundkenntnisse der Themen, Begriffe und des Handwerkszeugs in der Theoretischen Teilchenphysik; Verschaffen eines Überblicks über die Fragestellungen der Theoretischen Teilchenphysik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102221 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102424 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102425 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lagrange densities, symmetries and conservation laws, Feynman rules, cross sections, elementary processes in QED, spontaneous symmetry breaking, Higgs mechanism, Standard Model of particle physics, decay rates, Higgs boson phenomenology

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik I und II

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen *(180)*

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.56 Modul: Einführung in die Vulkanologie, benotet [M-PHYS-101866]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 2 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103553 | Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung | 3 LP | Gottschämmer |
| T-PHYS-103644 | Einführung in die Vulkanologie, Prüfung | 1 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Prerequisite (3 ECTS): Active and regular attendance of lecture and practicals, preparation and follow-up of lectures (at home), assignments, presentation of a volcano in a short (10 – 15 minute) talk with slides. Examination (1 ECTS): Scientific essay about the given presentation, approx. 8-10 pages, submitted electronically. The grade of the module results from grade of of the scientific essay.

**Qualifikationsziele**
The Students know and understand the basic concepts of physical volcanology. They are able to classify volcanoes by their tectonic location, can discriminate between different eruption types and describe different volcanic edifices with respect to their tectonic environment. They understand the concept of volcanic hazard and risk and are able to apply it. They can explain the physics of volcanic monitoring methods and know about their advantages and disadvantages. They gained insight into numerical modelling tools and can name several appliations. The students understand the impact of volcanic eruptions on climate and know both, presently as well as historically active volcanoes and their prominent eruptions.

The students have gained an overview about active volcanoes and recent eruptions and are able to summerize the main characteristics and scientific achievements about one volcano of their choice in a 10-15 minute talk. They are able to discuss and answer questions related to their subject. They can summarize their research about the volcano of their choice in a scientific essay (8-10 pages).

**Zusammensetzung der Modulnote**
The grade of the module results from grade of of the scientific essay.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101944 - Einführung in die Vulkanologie, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Introduction, Overview
- Volcanoes and Plate Tectonics
- Magma and Volcanic Deposits
- Eruption types
- Volcanic Edifices
- Volcanic Hazard and Risk
- Volcano Monitoring
- Volcano Seismology
- Numerical Modelling of Volcanic Products
- Historic Eruptions
- Volcanoes and Climate

**Arbeitsaufwand**
28 h: Attendance, active participation in lectures and practicals
14 h: Preparation and follow-up of lectures (at home)
18 h: Homework, assignments
30 h: Preparation of presentation
30 h: Scientific essay about given presentation, submitted electronically

**Lehr- und Lernformen**
4060251 Introduction to Volcanology (V1)
4060252 Exercises to Introduction to Volcanology (Ü1)

**Literatur**
Literature will be provided by the lecturer.

# M 3.57 Modul: Einführung in die Vulkanologie, unbenotet [M-PHYS-101944]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 3 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103553 | Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung | 3 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Active and regular attendance of lecture and practicals, presentation of a volcano in a short (10 – 15 minute) talk with slides.

**Qualifikationsziele**
The students know and understand the basic concepts of physical volcanology. They are able to classify volcanoes by their tectonic location, can discriminate between different eruption types and describe different volcanic edifices with respect to their tectonic environment. They understand the concept of volcanic hazard and risk and are able to apply it. They can explain the physics of volcanic monitoring methods and know about their advantages and disadvantages. They gained insight into numerical moelling tools and can name several appliations. The students understand the impact of volcanic eruptions on climate and know both, presently as well as historically active volcanoes and their prominent eruptions.

The students have gained an overview about active volcanoes and recent eruptions and are able to summerize the main characteristics and scientific achievements about one volcano of their choice in a 10-15 minute talk. They are able to discuss and answer questions related to their subject.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The module is not graded.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101866 - Einführung in die Vulkanologie, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Introduction, Overview
- Volcanoes and Plate Tectonics
- Magma and Volcanic Deposits
- Eruption types
- Volcanic Edifices
- Volcanic Hazard and Risk
- Volcano Monitoring
- Volcano Seismology
- Numerical Modelling of Volcanic Products
- Historic Eruptions
- Volcanoes and Climate

**Arbeitsaufwand**
28 h: Attendance, active participation in lectures and practicals

14 h: Preparation and follow-up of lectures (at home)

18 h: Homework, assignments

30 h: Preparation of presentation

**Lehr- und Lernformen**
4060251 Introduction to Volcanology (V1)
4060252 Exercises to Introduction to Volcanology (Ü1)

**Literatur**
Literature will be provided by the lecturer.

# M 3.58 Modul: Elektronenmikroskopie I, mit Übungen [M-PHYS-102989]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105965 | Elektronenmikroskopie I, mit Übungen | 8 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Aus Analogien zur Lichtmikroskopie sollen die Studierenden Parallelen und Unterschiede zwischen Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) sowie die Bildentstehung im Transmissionselektronenmikroskop verstehen. Die Studierenden können die Wechselwirkung zwischen hochenergetischen Elektronen und Festkörpern beschreiben und erklären (kinematische Beugungstheorie und deren Grenzen bei der Wechselwirkung zwischen Elektronen und Festkörper, dynamische Beugungstheorie). Anhand theoretischer Konzepte für die dynamische Elektronenbeugung und den Abbildungsprozess sollen TEM Abbildungen interpretiert werden (Welche Kontraste entstehen für perfekte Festkörper und Defekte in Festkörpern?). Durch Anwendungsbeispiele aus der Festkörperphysik und Materialforschung sollen die Studierenden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der TEM kennenlernen und verstehen.

In den praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie TEM Abbildungsmodi durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesungen Elektronenmikroskopie I und II sind unabhängig voneinander

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102990 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102991 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102992 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), hochauflösende TEM, Raster-Transmissionselektronenmikroskopie, kinematische und dynamische Elektronenbeugung im Festkörper, TEM Kontrastentstehung mit Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik, Elektronenholographie, Transmissionselektronenmikroskopie mit Phasenplatten

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik oder Werkstoffkunde, Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten: insgesamt 52 h, davon 28 h für Vorlesung (14 Wochen * 2 SWS) und 24 h für die Praktikumsversuche. Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokollen, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie I 2 SWS; D. Gerthsen

4027022 Praktische Übungen zu Elektronenmikroskopie I, 2 SWS; D. Gerthsen und Mitarbeiter

**Literatur**
D.B. Williams, C.B Carter, Transmission Electron Microscopy, 2nd edition, Springer

L. Reimer, H. Kohl, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag

# M 3.59 Modul: Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102991]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105968 | Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) | 8 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Aus Analogien zur Lichtmikroskopie sollen die Studierenden Parallelen und Unterschiede zwischen Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) sowie die Bildentstehung im Transmissionselektronenmikroskop verstehen. Die Studierenden können die Wechselwirkung zwischen hochenergetischen Elektronen und Festkörpern beschreiben und erklären (kinematische Beugungstheorie und deren Grenzen bei der Wechselwirkung zwischen Elektronen und Festkörper, dynamische Beugungstheorie). Anhand theoretischer Konzepte für die dynamische Elektronenbeugung und den Abbildungsprozess sollen TEM Abbildungen interpretiert werden (Welche Kontraste entstehen für perfekte Festkörper und Defekte in Festkörpern?). Durch Anwendungsbeispiele aus der Festkörperphysik und Materialforschung sollen die Studierenden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der TEM kennenlernen und verstehen.

In den praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie TEM Abbildungsmodi durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesungen Elektronenmikroskopie I und II sind unabhängig voneinander

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102989 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102990 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102992 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), hochauflösende TEM, Raster-Transmissionselektronenmikroskopie, kinematische und dynamische Elektronenbeugung im Festkörper, TEM Kontrastentstehung mit Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik, Elektronenholographie, Transmissionselektronenmikroskopie mit Phasenplatten

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik oder Werkstoffkunde, Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten: insgesamt 52 h, davon 28 h für Vorlesung (14 Wochen * 2 SWS) und 24 h für die Praktikumsversuche. Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokollen, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie I 2 SWS; D. Gerthsen

4027022 Praktische Übungen zu Elektronenmikroskopie I, 2 SWS; D. Gerthsen und Mitarbeiter

**Literatur**
D.B. Williams, C.B Carter, Transmission Electron Microscopy, 2nd edition, Springer

L. Reimer, H. Kohl, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag

# M 3.60 Modul: Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen [M-PHYS-102990]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105967 | Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen | 4 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Aus Analogien zur Lichtmikroskopie sollen die Studierenden Parallelen und Unterschiede zwischen Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) sowie die Bildentstehung im Transmissionselektronenmikroskop verstehen. Die Studierenden können die Wechselwirkung zwischen hochenergetischen Elektronen und Festkörpern beschreiben und erklären (kinematische Beugungstheorie und deren Grenzen bei der Wechselwirkung zwischen Elektronen und Festkörper, dynamische Beugungstheorie). Anhand theoretischer Konzepte für die dynamische Elektronenbeugung und den Abbildungsprozess sollen TEM Abbildungen interpretiert werden (Welche Kontraste entstehen für perfekte Festkörper und Defekte in Festkörpern?). Durch Anwendungsbeispiele aus der Festkörperphysik und Materialforschung sollen die Studierenden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der TEM kennenlernen und verstehen.

In den praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie TEM Abbildungsmodi durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesungen Elektronenmikroskopie I und II sind unabhängig voneinander

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102989 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102991 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102992 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), hochauflösende TEM, Raster-Transmissionselektronenmikroskopie, kinematische und dynamische Elektronenbeugung im Festkörper, TEM Kontrastentstehung mit Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik, Elektronenholographie, Transmissionselektronenmikroskopie mit Phasenplatten

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik oder Werkstoffkunde, Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
120 h bestehend aus Präsenzzeiten: insgesamt 52 h, davon 28 h für Vorlesung (14 Wochen * 2 SWS). Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokollen, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie I 2 SWS; D. Gerthsen

**Literatur**
D.B. Williams, C.B Carter, Transmission Electron Microscopy, 2nd edition, Springer

L. Reimer, H. Kohl, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag

# M 3.61 Modul: Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-102992]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105969 | Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) | 4 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Aus Analogien zur Lichtmikroskopie sollen die Studierenden Parallelen und Unterschiede zwischen Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) sowie die Bildentstehung im Transmissionselektronenmikroskop verstehen. Die Studierenden können die Wechselwirkung zwischen hochenergetischen Elektronen und Festkörpern beschreiben und erklären (kinematische Beugungstheorie und deren Grenzen bei der Wechselwirkung zwischen Elektronen und Festkörper, dynamische Beugungstheorie). Anhand theoretischer Konzepte für die dynamische Elektronenbeugung und den Abbildungsprozess sollen TEM Abbildungen interpretiert werden (Welche Kontraste entstehen für perfekte Festkörper und Defekte in Festkörpern?). Durch Anwendungsbeispiele aus der Festkörperphysik und Materialforschung sollen die Studierenden die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der TEM kennenlernen und verstehen.

In den praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie TEM Abbildungsmodi durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine, die Vorlesungen Elektronenmikroskopie I und II sind unabhängig voneinander

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102989 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102990 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102991 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), hochauflösende TEM, Raster-Transmissionselektronenmikroskopie, kinematische und dynamische Elektronenbeugung im Festkörper, TEM Kontrastentstehung mit Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik, Elektronenholographie, Transmissionselektronenmikroskopie mit Phasenplatten

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik oder Werkstoffkunde, Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
120 h bestehend aus Präsenzzeiten: insgesamt 52 h, davon 28 h für Vorlesung (14 Wochen * 2 SWS). Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokollen, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie I 2 SWS; D. Gerthsen

**Literatur**
D.B. Williams, C.B Carter, Transmission Electron Microscopy, 2nd edition, Springer

L. Reimer, H. Kohl, Transmission Electron Microscopy, Springer Verlag

# M 3.62 Modul: Elektronenmikroskopie II, mit Übungen [M-PHYS-102227]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102349 | Elektronenmikroskopie II, mit Übungen | 8 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Bildentstehung in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie, Nanostrukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen sowie analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (chemische Analyse, elektronische Eigenschaften) verstehen und erklären können. Anhand von Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik sollen Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Verfahren erkannt werden. Die Studierenden sollen beurteilen können, welche Methode(n) für spezifische Fragestellungen aus der Mikro- und Nanocharakterisierung geeignet ist (sind).

In den Praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie Abbildungsmodi in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft. Die Studierenden sollen in der Lage sein, ein Rasterelektronenmikroskop für einfache Anwendungen zu justieren.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungsoder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102844 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103172 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103173 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Rasterelektronenmikroskopie, Abbildung und Strukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen, analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (energiedispersive Röntgenspektroskopie und Elektronenenergieverlustspektroskopie)

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik und Werkstoffkunde

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden: Präsenzzeiten 54 Stunden, davon 30 Stunden für die Vorlesung und 24 Stunden für die Praktikumsversuche. Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokollen, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und der Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie II 2SWS; D. Gerthsen

4027022 Praktische Übungen zu Elektronenmikroskopie II 2SWS; D. Gerthsen und Mitarbeiter

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.63 Modul: Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) [M-PHYS-103172]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106306 | Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) | 8 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Bildentstehung in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie, Nanostrukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen sowie analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (chemische Analyse, elektronische Eigenschaften) verstehen und erklären können. Anhand von Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik sollen Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Verfahren erkannt werden. Die Studierenden sollen beurteilen können, welche Methode(n) für spezifische Fragestellungen aus der Mikro- und Nanocharakterisierung geeignet ist (sind).

In den Praktischen Übungen werden die theoretischen Konzepte aus der Vorlesung sowie Abbildungsmodi in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie durch Arbeit in kleinen Gruppen visualisiert, geübt und vertieft. Die Studierenden sollen in der Lage sein, ein Rasterelektronenmikroskop für einfache Anwendungen zu justieren.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungsoder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102844 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102227 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103173 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Rasterelektronenmikroskopie, Abbildung und Strukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen, analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (energiedispersive Röntgenspektroskopie und Elektronenenergieverlustspektroskopie)

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik und Werkstoffkunde

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden: Präsenzzeiten 54 Stunden, davon 30 Stunden für die Vorlesung und 24 Stunden für die Praktikumsversuche. Die restlichen Stunden dienen der Vorbereitung auf die Versuche, Anfertigung von Praktikumsprotokollen, Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und der Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie II 2SWS; D. Gerthsen

4027022 Praktische Übungen zu Elektronenmikroskopie II 2SWS; D. Gerthsen und Mitarbeiter

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.64 Modul: Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen [M-PHYS-102844]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105817 | Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen | 4 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Bildentstehung in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie, Nanostrukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen sowie analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (chemische Analyse, elektronische Eigenschaften) verstehen und erklären können. Anhand von Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik sollen Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Verfahren erkannt werden. Die Studierenden sollen beurteilen können, welche Methode(n) für spezifische Fragestellungen aus der Mikro- und Nanocharakterisierung geeignet ist (sind).

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungsoder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102227 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103172 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103173 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Rasterelektronenmikroskopie, Abbildung und Strukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen, analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (energiedispersive Röntgenspektroskopie und Elektronenenergieverlustspektroskopie)

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik und Werkstoffkunde

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden: Präsenzzeiten 30 Stunden für die Vorlesung. Die restlichen Stunden dienen der Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und der Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie II 2SWS; D. Gerthsen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.65 Modul: Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-103173]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106307 | Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) | 4 LP | Gerthsen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Bildentstehung in der Rasterelektronenmikroskopie und Rasterionenmikroskopie, Nanostrukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen sowie analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (chemische Analyse, elektronische Eigenschaften) verstehen und erklären können. Anhand von Anwendungsbeispielen aus der Material- und Festkörperphysik sollen Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Verfahren erkannt werden. Die Studierenden sollen beurteilen können, welche Methode(n) für spezifische Fragestellungen aus der Mikro- und Nanocharakterisierung geeignet ist (sind).

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungsoder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102227 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102844 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103172 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Rasterelektronenmikroskopie, Abbildung und Strukturierung mit fokussierten Ionenstrahlen, analytische Verfahren in der Elektronenmikroskopie (energiedispersive Röntgenspektroskopie und Elektronenenergieverlustspektroskopie)

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse Optik, Festkörperphysik, Materialphysik und Werkstoffkunde

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden: Präsenzzeiten 30 Stunden für die Vorlesung. Die restlichen Stunden dienen der Nachbereitung des Vorlesungsstoffes und der Vorbereitung auf die Prüfung.

**Lehr- und Lernformen**
4027021 Elektronenmikroskopie II 2SWS; D. Gerthsen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.66 Modul: Elektronenoptik, mit Übungen [M-PHYS-102321]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102362 | Elektronenoptik, mit Übungen | 6 LP | Haider, Janzen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Elektronenoptik und können die relevanten theoretischen Konzepte formulieren und anwenden. Sie verstehen die Funktionsweise von Elektronenmikroskopen und Aberrations-Korrektoren. In der Übung lösen die Studierenden konkrete Probleme der Elektronenoptik eigenverantwortlich unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, publizierte Ergebnisse aus dem Bereich der Elektronenoptik zu verstehen und sich selbständig in eventuell zum Verständnis noch fehlende Details einzuarbeiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102845 - Elektronenoptik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103174 - Elektronenoptik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103175 - Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Funktions- und Aufbau-Prinzipien von Elektronenmikroskopen,

Grundlagen der bildgebenden Verfahren im Elektronenmikroskop,

Einführung in die Elektronenoptik,

Einführung in die Aberrationstheorie.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, der klassischen Mechanik und der speziellen Relativitätstheorie werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4027031 Vorlesung 2 SWS; M. Haider, R. Janzen

4027032 Übung 1 SWS; R. Janzen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.67 Modul: Elektronenoptik, mit Übungen (NF) [M-PHYS-103174]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106308 | Elektronenoptik, mit Übungen (NF) | 6 LP | Haider, Janzen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Elektronenoptik und können die relevanten theoretischen Konzepte formulieren und anwenden. Sie verstehen die Funktionsweise von Elektronenmikroskopen und Aberrations-Korrektoren. In der Übung lösen die Studierenden konkrete Probleme der Elektronenoptik eigenverantwortlich unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, publizierte Ergebnisse aus dem Bereich der Elektronenoptik zu verstehen und sich selbständig in eventuell zum Verständnis noch fehlende Details einzuarbeiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102845 - Elektronenoptik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102321 - Elektronenoptik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103175 - Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Funktions- und Aufbau-Prinzipien von Elektronenmikroskopen,

Grundlagen der bildgebenden Verfahren im Elektronenmikroskop,

Einführung in die Elektronenoptik,

Einführung in die Aberrationstheorie.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, der klassischen Mechanik und der speziellen Relativitätstheorie werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4027031 Vorlesung 2 SWS; M. Haider, R. Janzen

4027032 Übung 1 SWS; R. Janzen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.68 Modul: Elektronenoptik, ohne Übungen [M-PHYS-102845]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105818 | Elektronenoptik, ohne Übungen | 4 LP | Haider, Janzen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Elektronenoptik und können die relevanten theoretischen Konzepte formulieren und anwenden. Sie verstehen die Funktionsweise von Elektronenmikroskopen und Aberrations-Korrektoren. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, publizierte Ergebnisse aus dem Bereich der Elektronenoptik zu verstehen und sich selbständig in eventuell zum Verständnis noch fehlende Details einzuarbeiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102321 - Elektronenoptik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103174 - Elektronenoptik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103175 - Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Funktions- und Aufbau-Prinzipien von Elektronenmikroskopen,

Grundlagen der bildgebenden Verfahren im Elektronenmikroskop,

Einführung in die Elektronenoptik,

Einführung in die Aberrationstheorie.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, der klassischen Mechanik und der speziellen Relativitätstheorie werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (90 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4027031 Vorlesung 2 SWS; M. Haider, R. Janzen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.69 Modul: Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-103175]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106309 | Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) | 4 LP | Haider, Janzen |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Elektronenoptik und können die relevanten theoretischen Konzepte formulieren und anwenden. Sie verstehen die Funktionsweise von Elektronenmikroskopen und Aberrations-Korrektoren. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, publizierte Ergebnisse aus dem Bereich der Elektronenoptik zu verstehen und sich selbständig in eventuell zum Verständnis noch fehlende Details einzuarbeiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102321 - Elektronenoptik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102845 - Elektronenoptik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103174 - Elektronenoptik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Funktions- und Aufbau-Prinzipien von Elektronenmikroskopen,

Grundlagen der bildgebenden Verfahren im Elektronenmikroskop,

Einführung in die Elektronenoptik,

Einführung in die Aberrationstheorie.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, der klassischen Mechanik und der speziellen Relativitätstheorie werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (90 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4027031 Vorlesung 2 SWS; M. Haider, R. Janzen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.70 Modul: Elektronik für Physiker [M-PHYS-102184]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104479 | Elektronik für Physiker | 10 LP | Rabbertz, Weber |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102180 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102179 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102182 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102183 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102185 - Elektronik für Physiker (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die analoge und digitale Elektronik:

- Grundlagen, lineare Netze, passive Bauelemente, Filter,
- elementare Schaltkreisanalyse und -simulation
- Bipolar- und Feldeffekttransistoren
- Grundschaltungen mit einem und zwei Transistoren, Operationsverstärker
- Zahlensysteme, Schaltalgebra, Logikbausteine, Flip-Flops, Speicher
- Analog-Digital-Wandler
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs
- Aufbau- und Verbindungstechnik

**Empfehlungen**
Interesse an Elektronik

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (225 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4022061 VorlesungElektronik für Physiker (Analogelektronik); Marc Weber

4022066 VorlesungElektronik für Physiker (Digitalelektronik); Marc Weber

4022067 Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker; M. Weber, K. Rabbertz

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

# M 3.71 Modul: Elektronik für Physiker (NF) [M-PHYS-102185]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104480 | Elektronik für Physiker (NF) | 10 LP | Rabbertz, Weber |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102180 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102179 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102182 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102183 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102184 - Elektronik für Physiker darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die analoge und digitale Elektronik:

- Grundlagen, lineare Netze, passive Bauelemente, Filter,
- elementare Schaltkreisanalyse und -simulation
- Bipolar- und Feldeffekttransistoren
- Grundschaltungen mit einem und zwei Transistoren, Operationsverstärker
- Zahlensysteme, Schaltalgebra, Logikbausteine, Flip-Flops, Speicher
- Analog-Digital-Wandler
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs
- Aufbau- und Verbindungstechnik

**Empfehlungen**
Interesse an Elektronik

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (225 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4022061 VorlesungElektronik für Physiker (Analogelektronik); Marc Weber

4022066 VorlesungElektronik für Physiker (Digitalelektronik); Marc Weber

4022067 Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker; M. Weber, K. Rabbertz

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

# M 3.72 Modul: Elektronik für Physiker: Analogelektronik [M-PHYS-102179]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104475 | Elektronik für Physiker: Analogelektronik | 6 LP | Rabbertz, Weber |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102180 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102182 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102183 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102184 - Elektronik für Physiker darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102185 - Elektronik für Physiker (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die analoge Elektronik:

- Grundlagen, lineare Netze, passive Bauelemente, Filter
- elementare Schaltkreisanalyse und –simulation
- Operationsverstärker
- Bipolar- und Feldeffekttransistoren
- Grundschaltungen mit einem und zwei Transistoren
- Aufbau- und Verbindungstechnik

**Empfehlungen**
Interesse an Elektronik

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4022061 VorlesungElektronik für Physiker (Analogelektronik); Marc Weber

4022067 Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker; M. Weber, K. Rabbertz

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

# M 3.73 Modul: Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) [M-PHYS-102180]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104476 | Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) | 6 LP | Rabbertz, Weber |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102179 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102182 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102183 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102184 - Elektronik für Physiker darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102185 - Elektronik für Physiker (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die analoge Elektronik:

- Grundlagen, lineare Netze, passive Bauelemente, Filter
- elementare Schaltkreisanalyse und –simulation
- Operationsverstärker
- Bipolar- und Feldeffekttransistoren
- Grundschaltungen mit einem und zwei Transistoren
- Aufbau- und Verbindungstechnik

**Empfehlungen**
Interesse an Elektronik

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4022061 VorlesungElektronik für Physiker (Analogelektronik); Marc Weber

4022067 Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker; M. Weber, K. Rabbertz

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

# M 3.74 Modul: Elektronik für Physiker: Digitalelektronik [M-PHYS-102182]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104477 | Elektronik für Physiker: Digitalelektronik | 6 LP | Rabbertz, Weber |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102183 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102179 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102180 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102184 - Elektronik für Physiker darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102185 - Elektronik für Physiker (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die digitale Elektronik:

- Zahlensysteme
- Schaltalgebra, elementare Logikgatter
- kombinatorische Logik
- sequentielle Logik, Flip-Flops
- Speicher
- A/D-Wandler
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs

**Empfehlungen**
Interesse an Elektronik

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4022066 VorlesungElektronik für Physiker (Digitalelektronik);Marc Weber

4022067 Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker; M. Weber, K. Rabbertz

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

# M 3.75 Modul: Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) [M-PHYS-102183]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104478 | Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) | 6 LP | Rabbertz, Weber |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der experimentellen Astroteilchenphysik oder Teilchenphysik. Vermittlung eines Grundverständnisses der analogen und digitalen Elektronik und ihrer Anwendung in der experimentellen Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102182 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102179 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102180 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102184 - Elektronik für Physiker darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102185 - Elektronik für Physiker (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die digitale Elektronik:

- Zahlensysteme
- Schaltalgebra, elementare Logikgatter
- kombinatorische Logik
- sequentielle Logik, Flip-Flops
- Speicher
- A/D-Wandler
- Programmierbare Elektronik: CPLDs, FPGAs

**Empfehlungen**
Interesse an Elektronik

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen und des Praktikums (135 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4022066 VorlesungElektronik für Physiker (Digitalelektronik);Marc Weber

4022067 Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker; M. Weber, K. Rabbertz

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt. Außerdem wird ein Skript bereitgestellt.

# M 3.76 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen [M-PHYS-102089]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Pflicht Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102577 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen | 10 LP | Le Tacon, Weber, Weiß, Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung der elektronischen Eigenschaften von Festkörpern kennen lernen, insbesondere bei starken Elektron-Elektron und magnetischen Wechselwirkungen, sowie die wichtigsten experimentellen Methoden, auf deren Basis diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102087 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102088 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102090 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Phasenübergänge
2. Metalle und Isolatoren
3. Atomarer Magnetismus und magnetische Wechselwirkungen
4. Magnetische Strukturen
5. Konventionelle und unkonventionelle Supraleitung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik
- C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik
- S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter

# M 3.77 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102087]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102575 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) | 10 LP | Le Tacon, Weber, Weiß, Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung der elektronischen Eigenschaften von Festkörpern kennen lernen, insbesondere bei starken Elektron-Elektron und magnetischen Wechselwirkungen, sowie die wichtigsten experimentellen Methoden, auf deren Basis diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102088 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102089 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102090 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Phasenübergänge
2. Metalle und Isolatoren
3. Atomarer Magnetismus und magnetische Wechselwirkungen
4. Magnetische Strukturen
5. Konventionelle und unkonventionelle Supraleitung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik
- C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik
- S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter

# M 3.78 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen [M-PHYS-102090]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Pflicht Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102578 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen | 8 LP | Le Tacon, Weber, Weiß, Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung der elektronischen Eigenschaften von Festkörpern kennen lernen, insbesondere bei starken Elektron-Elektron und magnetischen Wechselwirkungen, sowie die wichtigsten experimentellen Methoden, auf deren Basis diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102087 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102088 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102089 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Phasenübergänge
2. Metalle und Isolatoren
3. Atomarer Magnetismus und magnetische Wechselwirkungen
4. Magnetische Strukturen
5. Konventionelle und unkonventionelle Supraleitung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik
- C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik
- S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter

# M 3.79 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-102088]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102576 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) | 8 LP | Le Tacon, Weber, Weiß, Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die Konzepte zur Beschreibung der elektronischen Eigenschaften von Festkörpern kennen lernen, insbesondere bei starken Elektron-Elektron und magnetischen Wechselwirkungen, sowie die wichtigsten experimentellen Methoden, auf deren Basis diese Konzepte erstellt bzw. verifiziert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102087 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102089 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102090 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Phasenübergänge
2. Metalle und Isolatoren
3. Atomarer Magnetismus und magnetische Wechselwirkungen
4. Magnetische Strukturen
5. Konventionelle und unkonventionelle Supraleitung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- R. Gross, A. Marx, Festkörperphysik
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin: Festkörperphysik
- H. Ibach, H. Lüth: Festkörperphysik
- C. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik
- S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter

# M 3.80 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen [M-PHYS-102108]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104422 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen | 8 LP | Rotzinger, Ustinov |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die physikalischen Eigenschaften der Supraleitung, ein thermodynamischer Zustand des elektronischen Systems von Festkörpern, kennen lernen. Hierbei werden ausführlich klassische und moderne experimentelle Befunde sowie grundlegende theoretische Modelle behandelt, wie z.B. das auch außerhalb der Supraleitung gebräuchliche Konzept der Energielücke oder des Quasiteilchens.

In den Übungen werden die vermittelten Kenntnisse vertieft und auf spezielle Probleme angewandt. Die Studierenden sollten nach dem Besuch der Veranstaltung in der Lage sein, sich in aktuelle Literatur zum Thema Supraleitung einarbeiten zu können.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102106 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102107 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102109 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Foundations of superconductivity: thermodynamics, electrodynamics, flux quantization, Ginzburg-Landau theory, BCS theory, vortices, tunnel junctions, Josephson junctions, SQUIDs, superconducting electronics, superconducting qubits.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Anmerkungen**
The course will be given in English. Questions and discussions in German are welcome as well.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**
V.V. Schmidt, “The Physics of Superconductors: Introduction to Fundamentals and Applications”, Springer (1997), ISBN 978-3540612438

M. Tinkham, „Introduction to Superconductivity: Vol I“, Dover Publ. (2004), ISBN: 978-0486435039

W. Buckel und R. Kleiner, „Supraleitung: Grundlagen und Anwendungen“, Wiley-VCH (2004), ISBN: 978-3527403486

# M 3.81 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102106]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104420 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) | 8 LP | Rotzinger, Ustinov |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die physikalischen Eigenschaften der Supraleitung, ein thermodynamischer Zustand des elektronischen Systems von Festkörpern, kennen lernen. Hierbei werden ausführlich klassische und moderne experimentelle Befunde sowie grundlegende theoretische Modelle behandelt, wie z.B. das auch außerhalb der Supraleitung gebräuchliche Konzept der Energielücke oder des Quasiteilchens.

In den Übungen werden die vermittelten Kenntnisse vertieft und auf spezielle Probleme angewandt. Die Studierenden sollten nach dem Besuch der Veranstaltung in der Lage sein, sich in aktuelle Literatur zum Thema Supraleitung einarbeiten zu können.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102107 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102108 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102109 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Foundations of superconductivity: thermodynamics, electrodynamics, flux quantization, Ginzburg-Landau theory, BCS theory, vortices, tunnel junctions, Josephson junctions, SQUIDs, superconducting electronics, superconducting qubits.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Anmerkungen**
The course will be given in English. Questions and discussions in German are welcome as well.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**
V.V. Schmidt, “The Physics of Superconductors: Introduction to Fundamentals and Applications”, Springer (1997), ISBN 978-3540612438

M. Tinkham, „Introduction to Superconductivity: Vol I“, Dover Publ. (2004), ISBN: 978-0486435039

W. Buckel und R. Kleiner, „Supraleitung: Grundlagen und Anwendungen“, Wiley-VCH (2004), ISBN: 978-3527403486

# M 3.82 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen [M-PHYS-102109]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104423 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen | 4 LP | Rotzinger, Ustinov |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die physikalischen Eigenschaften der Supraleitung, ein thermodynamischer Zustand des elektronischen Systems von Festkörpern, kennen lernen. Hierbei werden ausführlich klassische und moderne experimentelle Befunde sowie grundlegende theoretische Modelle behandelt, wie z.B. das auch außerhalb der Supraleitung gebräuchliche Konzept der Energielücke oder des Quasiteilchens.

In den Übungen werden die vermittelten Kenntnisse vertieft und auf spezielle Probleme angewandt. Die Studierenden sollten nach dem Besuch der Veranstaltung in der Lage sein, sich in aktuelle Literatur zum Thema Supraleitung einarbeiten zu können.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102106 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102107 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102108 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Foundations of superconductivity: thermodynamics, electrodynamics, flux quantization, Ginzburg-Landau theory, BCS theory, vortices, tunnel junctions, Josephson junctions, SQUIDs, superconducting electronics, superconducting qubits.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Anmerkungen**
The course will be given in English. Questions and discussions in German are welcome as well.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (90)

**Literatur**
V.V. Schmidt, “The Physics of Superconductors: Introduction to Fundamentals and Applications”, Springer (1997), ISBN 978-3540612438

M. Tinkham, „Introduction to Superconductivity: Vol I“, Dover Publ. (2004), ISBN: 978-0486435039

W. Buckel und R. Kleiner, „Supraleitung: Grundlagen und Anwendungen“, Wiley-VCH (2004), ISBN: 978-3527403486

# M 3.83 Modul: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-102107]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104421 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) | 4 LP | Rotzinger, Ustinov |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen die physikalischen Eigenschaften der Supraleitung, ein thermodynamischer Zustand des elektronischen Systems von Festkörpern, kennen lernen. Hierbei werden ausführlich klassische und moderne experimentelle Befunde sowie grundlegende theoretische Modelle behandelt, wie z.B. das auch außerhalb der Supraleitung gebräuchliche Konzept der Energielücke oder des Quasiteilchens.

In den Übungen werden die vermittelten Kenntnisse vertieft und auf spezielle Probleme angewandt. Die Studierenden sollten nach dem Besuch der Veranstaltung in der Lage sein, sich in aktuelle Literatur zum Thema Supraleitung einarbeiten zu können.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102106 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102108 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102109 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Foundations of superconductivity: thermodynamics, electrodynamics, flux quantization, Ginzburg-Landau theory, BCS theory, vortices, tunnel junctions, Josephson junctions, SQUIDs, superconducting electronics, superconducting qubits.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Anmerkungen**
The course will be given in English. Questions and discussions in German are welcome as well.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (90)

**Literatur**
V.V. Schmidt, “The Physics of Superconductors: Introduction to Fundamentals and Applications”, Springer (1997), ISBN 978-3540612438

M. Tinkham, „Introduction to Superconductivity: Vol I“, Dover Publ. (2004), ISBN: 978-0486435039

W. Buckel und R. Kleiner, „Supraleitung: Grundlagen und Anwendungen“, Wiley-VCH (2004), ISBN: 978-3527403486

# M 3.84 Modul: Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen [M-PHYS-102291]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
Dr. Regina Hoffmann-Vogel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102534 | Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen | 8 LP | Beckmann, Hoffmann-Vogel |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung im Gebiet der Nano-Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102292 - Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Was ist „Nano“ und warum finden wir das interessant?
2. Herstellung von Nanokontakten, Nanodrähten und dünnen Schichten
3. Unterbrochene Nanokontakte, Einzelelektroneneffekte
4. Quantentransport in verbundenen Nanokontakten
5. Eindimensionale Strukturen, Kohlenstoff-Nanoröhrchen
6. Zweidimensionale Strukturen, Quanten-Hall-Effekt, Graphen

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik. Kann gut mit EE I und II kombiniert werden.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Literatur**
Th. Heinzel, Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures, Wiley 2007

J.C. Cuevas, E. Scheer, Molecular Electronics, World Scientific 2010

# M 3.85 Modul: Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF) [M-PHYS-102292]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
Dr. Regina Hoffmann-Vogel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102535 | Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF) | 8 LP | Beckmann, Hoffmann-Vogel |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung im Gebiet der Nano-Physik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102291 - Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Was ist „Nano“ und warum finden wir das interessant?
2. Herstellung von Nanokontakten, Nanodrähten und dünnen Schichten
3. Unterbrochene Nanokontakte, Einzelelektroneneffekte
4. Quantentransport in verbundenen Nanokontakten
5. Eindimensionale Strukturen, Kohlenstoff-Nanoröhrchen
6. Zweidimensionale Strukturen, Quanten-Hall-Effekt, Graphen

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik. Kann gut mit EE I und II kombiniert werden.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Literatur**
Th. Heinzel, Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures, Wiley 2007

J.C. Cuevas, E. Scheer, Molecular Electronics, World Scientific 2010

# M 3.86 Modul: Experimentelle Biophysik II, mit Seminar [M-PHYS-102165]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102532 | Experimentelle Biophysik II, mit Seminar | 14 LP | Nienhaus |

**Erfolgskontrolle(n)**
Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

Vortrag im Seminar

Mündliche Prüfung bei Kombination mit anderen Veranstaltungen zu einem Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- können den grundlegenden Aufbau der Biomaterie beschreiben und sind mit den strukturellen, dynamischen und energetischen Eigenschaften vertraut.
- verstehen die physikalischen Prinzipien der biomolekularen Spektroskopie und können die Anwendung der verschiedenen Methoden auf die Untersuchung biomolekularer Prozesse einschätzen.
- sind mit den grundlegenden Ansätzen der Relaxations- und Fluktuationsspektroskopie vertraut.
- verstehen die physikalischen Grundlagen der Wechselwirkungen, die für molekulare Funktionsprozesse essentiell sind (chemische Bindung, Elektronentransfer, Energietransfer) sowie die Parameter, die die Übergangsraten bestimmen.
- eignen sich vertiefte Kenntnisse im Rahmen der Übungen durch Lösung von Übungsaufgaben an. Sie präsentieren Ihre Ergebnisse und entwickeln so ihre Fähigkeiten weiter, die erworbenen Kenntnisse mit den anderen Studierenden zu teilen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102166 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102167 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102168 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Nach einer kurzen Einführung in die Struktur, Dynamik und Energetik der Biomoleküle werden lichtoptische spektroskopische Methoden (u.a. optische Absorption und Fluoreszenz, Infrarot- und Ramanspektroskopie) eingeführt, mit denen sich biomolekulare Strukturen und deren Änderungen als Funktion der Zeit beobachten lassen. Lichtmikroskopische Verfahrungen, insbesondere mit Höchstauflösung, werden ebenfalls behandelt. Anschließend werden die physikalischen Prinzipien diskutiert, auf denen wichtige biomolekulare Prozesse (Ligandenbindung, Energie- und Elektronentransfer bei der Photosynthese) beruhen.

**Empfehlungen**
Grundlagen der Quantenmechanik, Thermodynamik und der Festkörperphysik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
420 h bestehend aus Präsenzzeiten (120 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4020121 Vorlesung 4 SWS; Nienhaus
4020122 Übung 2 SWS; Nienhaus, N.N., Übungen zu Biophysik II
4020124 Seminar 2 SWS; Nienhaus, N.N., Seminar zu Biophysik II

**Literatur**
G. U. Nienhaus: Skripten zur Vorlesung Biophysik I und II
E. Sackmann & R. Merkel: Lehrbuch der Biophysik
C. Cantor & P. Schimmel: Biophysical Chemistry
I. N. Serdyuk, N. R. Zaccai & J. Zaccai: Methods in Molecular Biophysics

# M 3.87 Modul: Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) [M-PHYS-102166]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102533 | Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) | 14 LP | Nienhaus |

**Erfolgskontrolle(n)**
Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

Vortrag im Seminar

Mündliche Prüfung bei Kombination mit anderen Veranstaltungen zu einem Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- können den grundlegenden Aufbau der Biomaterie beschreiben und sind mit den strukturellen, dynamischen und energetischen Eigenschaften vertraut.
- verstehen die physikalischen Prinzipien der biomolekularen Spektroskopie und können die Anwendung der verschiedenen Methoden auf die Untersuchung biomolekularer Prozesse einschätzen.
- sind mit den grundlegenden Ansätzen der Relaxations- und Fluktuationsspektroskopie vertraut.
- verstehen die physikalischen Grundlagen der Wechselwirkungen, die für molekulare Funktionsprozesse essentiell sind (chemische Bindung, Elektronentransfer, Energietransfer) sowie die Parameter, die die Übergangsraten bestimmen.
- eignen sich vertiefte Kenntnisse im Rahmen der Übungen durch Lösung von Übungsaufgaben an. Sie präsentieren Ihre Ergebnisse und entwickeln so ihre Fähigkeiten weiter, die erworbenen Kenntnisse mit den anderen Studierenden zu teilen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102165 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102167 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102168 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Nach einer kurzen Einführung in die Struktur, Dynamik und Energetik der Biomoleküle werden lichtoptische spektroskopische Methoden (u.a. optische Absorption und Fluoreszenz, Infrarot- und Ramanspektroskopie) eingeführt, mit denen sich biomolekulare Strukturen und deren Änderungen als Funktion der Zeit beobachten lassen. Lichtmikroskopische Verfahrungen, insbesondere mit Höchstauflösung, werden ebenfalls behandelt. Anschließend werden die physikalischen Prinzipien diskutiert, auf denen wichtige biomolekulare Prozesse (Ligandenbindung, Energie- und Elektronentransfer bei der Photosynthese) beruhen.

**Empfehlungen**
Grundlagen der Quantenmechanik, Thermodynamik und der Festkörperphysik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
420 h bestehend aus Präsenzzeiten (120 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4020121 Vorlesung 4 SWS; Nienhaus
4020122 Übung 2 SWS; Nienhaus, N.N., Übungen zu Biophysik II
4020124 Seminar 2 SWS; Nienhaus, N.N., Seminar zu Biophysik II

**Literatur**
G. U. Nienhaus: Skripten zur Vorlesung Biophysik I und II
E. Sackmann & R. Merkel: Lehrbuch der Biophysik
C. Cantor & P. Schimmel: Biophysical Chemistry
I. N. Serdyuk, N. R. Zaccai & J. Zaccai: Methods in Molecular Biophysics

# M 3.88 Modul: Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar [M-PHYS-102167]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104471 | Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar | 12 LP | Nienhaus |

**Erfolgskontrolle(n)**
Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

Mündliche Prüfung bei Kombination mit anderen Veranstaltungen zu einem Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- können den grundlegenden Aufbau der Biomaterie beschreiben und sind mit den strukturellen, dynamischen und energetischen Eigenschaften vertraut.
- verstehen die physikalischen Prinzipien der biomolekularen Spektroskopie und können die Anwendung der verschiedenen Methoden auf die Untersuchung biomolekularer Prozesse einschätzen.
- sind mit den grundlegenden Ansätzen der Relaxations- und Fluktuationsspektroskopie vertraut.
- verstehen die physikalischen Grundlagen der Wechselwirkungen, die für molekulare Funktionsprozesse essentiell sind (chemische Bindung, Elektronentransfer, Energietransfer) sowie die Parameter, die die Übergangsraten bestimmen.
- eignen sich vertiefte Kenntnisse im Rahmen der Übungen durch Lösung von Übungsaufgaben an. Sie präsentieren Ihre Ergebnisse und entwickeln so ihre Fähigkeiten weiter, die erworbenen Kenntnisse mit den anderen Studierenden zu teilen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102165 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102166 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102168 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Nach einer kurzen Einführung in die Struktur, Dynamik und Energetik der Biomoleküle werden lichtoptische spektroskopische Methoden (u.a. optische Absorption und Fluoreszenz, Infrarot- und Ramanspektroskopie) eingeführt, mit denen sich biomolekulare Strukturen und deren Änderungen als Funktion der Zeit beobachten lassen. Lichtmikroskopische Verfahrungen, insbesondere mit Höchstauflösung, werden ebenfalls behandelt. Anschließend werden die physikalischen Prinzipien diskutiert, auf denen wichtige biomolekulare Prozesse (Ligandenbindung, Energie- und Elektronentransfer bei der Photosynthese) beruhen.

**Empfehlungen**
Grundlagen der Quantenmechanik, Thermodynamik und der Festkörperphysik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4020121 Vorlesung 4 SWS; Nienhaus
4020122 Übung 2 SWS; Nienhaus, N.N., Übungen zu Biophysik II

**Literatur**
G. U. Nienhaus: Skripten zur Vorlesung Biophysik I und II
E. Sackmann & R. Merkel: Lehrbuch der Biophysik
C. Cantor & P. Schimmel: Biophysical Chemistry
I. N. Serdyuk, N. R. Zaccai & J. Zaccai: Methods in Molecular Biophysics

# M 3.89 Modul: Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) [M-PHYS-102168]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104472 | Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) | 12 LP | Nienhaus |

**Erfolgskontrolle(n)**
Abgabe von Übungsblättern

Vorrechnen in der Übung

Mündliche Prüfung bei Kombination mit anderen Veranstaltungen zu einem Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- können den grundlegenden Aufbau der Biomaterie beschreiben und sind mit den strukturellen, dynamischen und energetischen Eigenschaften vertraut.
- verstehen die physikalischen Prinzipien der biomolekularen Spektroskopie und können die Anwendung der verschiedenen Methoden auf die Untersuchung biomolekularer Prozesse einschätzen.
- sind mit den grundlegenden Ansätzen der Relaxations- und Fluktuationsspektroskopie vertraut.
- verstehen die physikalischen Grundlagen der Wechselwirkungen, die für molekulare Funktionsprozesse essentiell sind (chemische Bindung, Elektronentransfer, Energietransfer) sowie die Parameter, die die Übergangsraten bestimmen.
- eignen sich vertiefte Kenntnisse im Rahmen der Übungen durch Lösung von Übungsaufgaben an. Sie präsentieren Ihre Ergebnisse und entwickeln so ihre Fähigkeiten weiter, die erworbenen Kenntnisse mit den anderen Studierenden zu teilen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102165 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102166 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102167 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Nach einer kurzen Einführung in die Struktur, Dynamik und Energetik der Biomoleküle werden lichtoptische spektroskopische Methoden (u.a. optische Absorption und Fluoreszenz, Infrarot- und Ramanspektroskopie) eingeführt, mit denen sich biomolekulare Strukturen und deren Änderungen als Funktion der Zeit beobachten lassen. Lichtmikroskopische Verfahrungen, insbesondere mit Höchstauflösung, werden ebenfalls behandelt. Anschließend werden die physikalischen Prinzipien diskutiert, auf denen wichtige biomolekulare Prozesse (Ligandenbindung, Energie- und Elektronentransfer bei der Photosynthese) beruhen.

**Empfehlungen**
Grundlagen der Quantenmechanik, Thermodynamik und der Festkörperphysik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4020121 Vorlesung 4 SWS; Nienhaus

4020122 Übung 2 SWS; Nienhaus, N.N., Übungen zu Biophysik II

**Literatur**

G. U. Nienhaus: Skripten zur Vorlesung Biophysik I und II

E. Sackmann & R. Merkel: Lehrbuch der Biophysik

C. Cantor & P. Schimmel: Biophysical Chemistry

I. N. Serdyuk, N. R. Zaccai & J. Zaccai: Methods in Molecular Biophysics

# M 3.90 Modul: Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model [M-PHYS-104542]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109307 | Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model | 10 LP | Mühlleitner |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der Theoretischen Teilchenphysik, insbesondere in Modellen jenseits des Standardmodells.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104543 - Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Singulett- und Dublett-Erweiterungen des Standardmodells, Supersymmetrie (MSSM, NMSSM), Composite Higgsmodelle, Portal Higgs

**Empfehlungen**
Vorkenntnisse aus Theoretische Teilchenphysik I (idealerweise auch II)

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225)

**Lehr- und Lernformen**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.91 Modul: Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF) [M-PHYS-104543]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109308 | Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF) | 10 LP | Mühlleitner |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung in einem Gebiet der Theoretischen Teilchenphysik, insbesondere in Modellen jenseits des Standardmodells.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104542 - Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Singulett- und Dublett-Erweiterungen des Standardmodells, Supersymmetrie (MSSM, NMSSM), Composite Higgsmodelle, Portal Higgs

**Empfehlungen**
Vorkenntnisse aus Theoretische Teilchenphysik I (idealerweise auch II)

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225)

**Lehr- und Lernformen**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.92 Modul: Festkörperspektroskopie, mit Übungen [M-PHYS-105074]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110292 | Festkörperspektroskopie, mit Übungen | 6 LP | Le Tacon, Weber |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Qualifikationsziele**
Im Rahmen der Vorlesung werden die Studierenden mit modernen röntgen- und neutronenspektroskopischen Methoden zur Untersuchung der elektronischen, magnetischen und schwingungstechnischen Eigenschaften von Systemen mit kondensierter Materie vertraut gemacht. Eine kurze Einführung in den zweiten Quantisierungsformalismus und die Theorie der linearen Antwort wird gegeben. Die Vorlesung wird mit aktuellen Forschungsbeispielen aus der Physik der Quantenmaterialien illustriert.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**

- Grundlagen of Photon/Neutron/Elecktron-Materie Wechselwirkung
- Zweiter Quantisierungsformalismus - Anwendung auf die Streutheorie
- Einführung in die lineare Response-Theorie - generalisierte Suszeptibilität
- Allgemeines zur Röntgen- und Synchrotronstrahlung
- Röntgenspektroskopien: Absorption, inelastische Streuung, resonante Streuung
- Allgemeines zur Neutronenstreuung - Neutronenanlagen
- Neutronenspektroskopie

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135 Stunden)

**Literatur**

- Elements of Modern X-ray Physics, Als-Nielsen and McMorrow, Wiley
- Festkörperphysik, Marx and Gross, de Gruyter
- Solid-State Spectroscopy, Kuzmani, Springer
- Introduction to the theory of thermal neutron scattering, Squires, Dove

# M 3.93 Modul: Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory [M-PHYS-104548]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Dr. Boris Narozhnyy

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109320 | Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory | 8 LP | Gornyi, Narozhnyy |

**Qualifikationsziele**
Deeper understanding of the condensed matter theory; gaining knowledge on most important phenomena and concepts in the physics of low-dimensional quantum systems, as well as on the corresponding field-theoretical approaches.

**Voraussetzungen**
Keine

**Inhalt**
Preliminary structure:

1. Introduction
2. Conformal transformations, conformal group in d dimensions, conformal algebra in 2 dimensions
3. Conformal theories in 2 dimensions, central charge, Virasoro algebra
4. Scaling approach to critical phenomena, Ising model, Potts model
5. Bosonization in 1+1 dimensions, Gaussian model, XXZ model
6. Non-Abelian bosonization, Sugawara construction
7. Recent applications: basics of AdS/CFT correspondence, Sachdev-Ye-Kitaev model, stochastic Schramm-Loewner evolution

**Empfehlungen**
Basic knowledge of solid state physics, quantum mechanics, and statistical physics is assumed. It is recommended to take this course after the course Theorie der Kondensierten Materie I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180)

**Literatur**
E. Brezin and J. Zinn-Justin (Editors), Fields, Strings, and critical Phenomena (Les Houches 1988)
P. Di Francesco, P. Mathieu, and D. Senechal, Conformal Field Theory.
T. Giamarchi, Quantum Physics in One Dimension
A.O. Gogolin, A.A. Nersesyan, A.M. Tsvelik, Bosonization and Strongly Correlated Systems

# M 3.94 Modul: Flavour Physics in the Standard Model and beyond [M-PHYS-105064]

**Verantwortung:** Dr. Monika Blanke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110281 | Flavour Physics in the Standard Model and beyond | 4 LP | Blanke |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Qualifikationsziele**
Erlernen und Vertiefen der Methodik der Theoretischen Flavourphysik, Verständnis der Phänomenologie des Flavour-Sektors in und jenseits des Standardmodells.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**

- Flavour and CP violation in the Standard Model
- Determination of CKM elements
- Phenomenology of flavour and CP violating processes
- Flavour physics beyond the Standard Model: Minimal Flavour Violation
- New sources of flavour and CP violation
- Selected "hot topics" in rare meson decays

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse des Standardmodells der Teilchenphysik, insbesondere der starken und schwachen Wechselwirkung sowie des Yukawa-Sektors, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Theoretische Teilchenphysik". Es wird empfohlen, parallel die Vorlesung zur experimentellen Flavourphysik zu besuchen.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden).

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben

# M 3.95 Modul: Full-waveform inversion, benotet [M-PHYS-105235]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110614 | Full-waveform inversion (graded) | 6 LP | Bohlen |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, successful participation in the exercises is required. Students have to write a report on a special exercise at the end of the lecture period. This report is graded.

**Qualifikationsziele**
The students know the fundamentals about full-waveform inversion from theory to practical implementation. They understand the basic concept of full-waveform inversion and grid-based finite-difference schemes to solve the wave equation. They understand important practical aspects such as numerical effects and critical performance issues. Students are able to implement a basic full-waveform inversion algorithm and apply it to simple data sets. They can analyze important factors influencing the success of full-waveform inversion and assess the quality of inversion results.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The grade of the module is the grade of the written report on the special exercise at the end of the lecture periode.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104522 - Full-waveform Inversion, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Introduction to full-waveform inversion (FWI)
- Solution of the wave equation with the finite-difference method
- Practical issues and numerical effects
- Adjoint-state method
- Adaption of the adjoint-state method for FWI
- FWI of shallow seismic wavefields

**Empfehlungen**
Knowledge of differential calculus is essential. Experience with Matlab and general computer skills are beneficial.

**Lehr- und Lernformen**
4060181Seismic Full Waveform Inversion (V2)
4060182 Exercises to Seismic Full Waveform Inversion (Ü1)

**Literatur**

- Andreas Fichtner, "Full Seismic Waveform Modelling and Inversion", 2011, Springer.

# M 3.96 Modul: Full-waveform Inversion, unbenotet [M-PHYS-104522]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109272 | Full-waveform inversion | 6 LP | Bohlen, Hertweck |

**Erfolgskontrolle(n)**
Final pass based on successful participation of the exercises.

**Qualifikationsziele**
The students know the fundamentals about full-waveform inversion from theory to practical implementation. They understand the basic concept of full-waveform inversion and grid-based finite-difference schemes to solve the wave equation. They understand important practical aspects such as numerical effects and critical performance issues. Students are able to implement a basic full-waveform inversion algorithm and apply it to simple data sets. They can analyze important factors influencing the success of full-waveform inversion and assess the quality of inversion results.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Studienleistung ist unbenotet.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105235 - Full-waveform inversion, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Introduction to full-waveform inversion (FWI)
- Solution of the wave equation with the finite-difference method
- Practical issues and numerical effects
- Adjoint-state method
- Adaption of the adjoint-state method for FWI
- FWI of shallow seismic wavefields

**Empfehlungen**
Knowledge of differential calculus is essential. Experience with Matlab and general computer skills are beneficial.

**Lehr- und Lernformen**
4060181Seismic Full Waveform Inversion (V2)
4060182 Exercises to Seismic Full Waveform Inversion (Ü1)

**Literatur**

- Andreas Fichtner, "Full Seismic Waveform Modelling and Inversion", 2011, Springer.

# M 3.97 Modul: Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, benotet [M-PHYS-101873]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103572 | Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Studienleistung | 4 LP | Gottschämmer |
| T-PHYS-103674 | Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Prüfung | 2 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Vorleistung: Bearbeitung von Übungsblättern, Diskussion der Vorträge, Halten eines Vortrags im Gelände

Prüfung: Erstellen eines Kapitels des Exkursionsführers

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden haben grundlegendes Wissen über die Geodynamik des Mittelmeerraumes erworben und können den dadurch entstandenen Vulkanismus einordnen und analysieren. Die verfügen über Kenntnisse der vulkanischen Minerale und Gesteine, die in dieser tektonischen Lage und unter den gegebenen Bedingungen entstehen können und können deren Entstehung mit der vulkanischen Aktivität in einem Zusammenhang setzen. Sie kennen die grundlegenden Definitionen von Gefährdung und Risiko und deren Abgrenzung zueinander. Die Studierenden können dieses Wissen auf geophysikalische Fragstellungen an mediterranen Vulkanen anwenden, und das Gefährdungspotential dieser Vulkane bewerten.

Die Studierenden sind in der Lage, selbstorganisiert und lösungsorientiert an einer vorgegebenen konkreten Fragestellung zu arbeiten. Sie können diese überblicken, analysieren, interpretieren und bewerten, schriftlich zusammenfassen und eigene Fragestellungen dazu formulieren. Sie sind in der Lage, fachbezogen zu argumentieren und über die Inhalte mit Kommilitonen zu diskutieren und ihren eigenen Standpunkt zu vertreten. Ebenso können sie den Standpunkt der anderen kritisch hinterfragen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Modulnote wird durch die Note der Erfolgskontrolle anderer Art bestimmt.

Bewertet wird: Erstellen eines Kapitels des Exkursionsführers. Desweiteren können Pluspunkte gesammelt werden durch Vortrag im Gelände, Diskussion der Vorträge, Bearbeitung der Übungsblätter.

**Voraussetzungen**
siehe untergeordnete Teilleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101953 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Einführung in die vulkanischen Minerale und Gesteine
- Einführung in die Geodynamik des Mittelmeerraums
- Gefährdung und Risiko: Definitionen, Beispiele, Vorgehensweisen, Sicherheitsregeln

# M 3.98 Modul: Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, unbenotet [M-PHYS-101953]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103572 | Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Studienleistung | 4 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Bearbeitung von Übungsblättern, Diskussion der Vorträge

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden haben grundlegendes Wissen über die Geodynamik des Mittelmeerraumes erworben und können den dadurch entstandenen Vulkanismus einordnen und analysieren. Die verfügen über Kenntnisse der vulkanischen Minerale und Gesteine, die in dieser tektonischen Lage und unter den gegebenen Bedingungen entstehen können und können deren Entstehung mit der vulkanischen Aktivität in einem Zusammenhang setzen. Sie kennen die grundlegenden Definitionen von Gefährdung und Risiko und deren Abgrenzung zueinander. Die Studierenden können dieses Wissen auf geophysikalische Fragstellungen an mediterranen Vulkanen anwenden, und das Gefährdungspotential dieser Vulkane bewerten.

Sie sind in der Lage, fachbezogen zu argumentieren und zu diskutieren und ihren eigenen Standpunkt zu vertreten. Ebenso können sie den Standpunkt der anderen kritisch hinterfragen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Studienleistung ist unbenotet.

**Voraussetzungen**
siehe untergeordnete Teilleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101873 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Einführung in die vulkanischen Minerale und Gesteine
- Einführung in die Geodynamik des Mittelmeerraums
- Gefährdung und Risiko: Definitionen, Beispiele, Vorgehensweisen, Sicherheitsregeln

# M 3.99 Modul: Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, benotet [M-PHYS-101951]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103573 | Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Studienleistung | 3 LP | Ritter |
| T-PHYS-103672 | Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Prüfung | 1 LP | Ritter |

**Erfolgskontrolle(n)**
Vorleistung: Bearbeitung von Übungsblättern, aktive Teilnahme und Diskussion.

Prüfung: Schriftliche Anfertigung eines Reflexionsberichts

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden verfügen über grundlegendes Wissen im Bereich der Gesteinsphysik und kennen Anwendungen geophysikalischer Verfahren zur Erkundung von Vulkanfeldern. Die Studierenden können anhand aktueller Forschungsfragen geophysikalische Methoden der Erkundung von Vulkanfeldern am Beispiel der Eifel benennen und einordnen und deren Ergebnisse diskutieren. Sie verstehen die Konzepte der Schmelzbildung, können diese erläutern und interpretieren. Das erworbene Wissen kann im Gelände angewendet werden.

Die Studierenden können mathematische Probleme aus dem Bereich der Druck.-Temperatur-Verteilung im Erdinnern, der Gesteinsphysik und der Schmelzbildung unter Einbeziehung einfacher Programmieraufgaben lösen, die Ergebnisse grafisch darstellen, zusammenfassen und interpretieren.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Modulnote wird durch die Note der Erfolgskontrolle anderer Art bestimmt.

Bewertet wird: Bearbeitung von Übungsblättern, Schriftliche Anfertigung eines Reflexionsberichts.

**Voraussetzungen**
siehe untergeordnete Teilleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101874 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Gesteinsphysik
- Geophysikalische Verfahren in Anwendungsbeispielen
- Geophysikalische Erkundung der Vulkanfelder in der Eifel
- Schmelzbildung
- Problemstellungen aus den oben genannten Bereichen: Rechnerübungen

# M 3.100 Modul: Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, unbenotet [M-PHYS-101874]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103573 | Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Studienleistung | 3 LP | Ritter |

**Erfolgskontrolle(n)**
Bearbeitung von Übungsblättern, aktive Teilnahme und Diskussion

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden verfügen über grundlegendes Wissen im Bereich der Gesteinsphysik und kennen Anwendungen geophysikalischer Verfahren zur Erkundung von Vulkanfeldern. Die Studierenden können anhand aktueller Forschungsfragen geophysikalische Methoden der Erkundung von Vulkanfeldern am Beispiel der Eifel benennen und einordnen und deren Ergebnisse diskutieren. Sie verstehen die Konzepte der Schmelzbildung, können diese erläutern und interpretieren. Das erworbene Wissen kann im Gelände angewendet werden.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Studienleistung ist unbenotet.

**Voraussetzungen**
siehe untergeordnete Teilleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101951 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Gesteinsphysik
- Geophysikalische Verfahren in Anwendungsbeispielen
- Geophysikalische Erkundung der Vulkanfelder in der Eifel
- Schmelzbildung

# M 3.101 Modul: Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, benotet [M-PHYS-101952]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103571 | Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Studienleistung | 3 LP | Gottschämmer |
| T-PHYS-103673 | Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Prüfung | 1 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Bearbeitung von Übungsblättern, Präsentation eines eigenen Vortrags, Erstellung eines Skriptabschnitts, schriftliche Anfertigung einer Zusammenfassung des Vortrags, Halten eines Vortrags im Gelände

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen unterschiedliche Methoden, um Vulkane geophysikalisch in der Tiefe zu erkunden. Insbesondere verfügen sie über ein fundiertes Wissen im Bereich der Bohrlochmethoden im vulkanischen Umfeld.

Die Studierenden verstehen die Geschichte des Vulkanismus in einem miozänen Vulkankomplex, können dessen Entstehung wiedergeben und einordnen und mit den Ergebnissen geophysikalischer Untersuchungen verknüpfen. Im Gelände können sie die Strukturen des miozänen Vulkankomplexes erkennen und mit den Ergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen, insbesondere denen der Forschungsbohrungen am Vogelsberg sowie den in den Bohrungen durchgeführten Experimenten, analysieren und interpretieren.

Die Studierenden können sich in einfache Themen und Problemstellungen einarbeiten, diese überblicken, analysieren, interpretieren und bewerten. Sie sind in der Lage, fachbezogen zu argumentieren und über die Inhalte mit Kommilitonen zu diskutieren und ihren eigenen Standpunkt zu vertreten. Ebenso können sie den Standpunkt der anderen kritisch hinterfragen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Modulnote wird durch die Note der Erfolgskontrolle anderer Art bestimmt.

Bewertet wird: Schriftliche Zusammenfassung des Vortrags.

**Voraussetzungen**
siehe untergeordnete Teilleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101872 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Methoden der geophysikalischen Tiefenerkundung an Vulkanen
- Physikalische Bohrlochmessungen am Vulkan
- Aufbau eines miozänen Vulkankomplexes
- Geotope im Vogelsberg

**Arbeitsaufwand**
120 h teilen sich wie folgt auf:

- Vorlesung in Karlsruhe zur Vorbereitung inkl. deren Vor- und Nachbereitung: 5 h
- Bearbeiten von Übungsblättern: 5 h
- Erstellen eines Skriptkapitels: 20 h
- In-Situ-Vorlesung im Vogelsberg; 40 h
- Vorbereitung eines Vortrags: 20 h
- Schriftliche Zusammenfassung des Vortrags: 30 h

# M 3.102 Modul: Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, unbenotet [M-PHYS-101872]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103571 | Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Studienleistung | 3 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Bearbeitung von Übungsblättern, Präsentation eines eigenen Vortrags, Erstellung eines Skriptabschnitts, schriftliche Anfertigung eines Reflexionsberichts

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen unterschiedliche Methoden, um Vulkane geophysikalisch in der Tiefe zu erkunden. Insbesondere verfügen sie über ein fundiertes Wissen im Bereich der Bohrlochmethoden im vulkanischen Umfeld.

Die Studierenden verstehen die Geschichte des Vulkanismus in einem miozänen Vulkankomplex, können dessen Entstehung wiedergeben und einordnen und mit den Ergebnissen geophysikalischer Untersuchungen verknüpfen. Im Gelände können sie die Strukturen des miozänen Vulkankomplexes erkennen und mit den Ergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen, insbesondere denen der Forschungsbohrungen am Vogelsberg sowie den in den Bohrungen durchgeführten Experimenten, analysieren und interpretieren.

Die Studierenden sind in der Lage, fachliche Diskussionen mit Kommilitonen zu führen und deren Standpunkt kritisch zu hinterfragen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Studienleistung ist unbenotet.

**Voraussetzungen**
siehe untergeordnete Teilleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101952 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Methoden der geophysikalischen Tiefenerkundung an Vulkanen
- Physikalische Bohrlochmessungen am Vulkan
- Aufbau eines miozänen Vulkankomplexes
- Geotope im Vogelsberg

**Arbeitsaufwand**
90 h teilen sich wie folgt auf:

- Vorlesung in Karlsruhe zur Vorbereitung inkl. deren Vor- und Nachbereitung: 5 h
- Bearbeiten von Übungsblättern: 5 h
- Erstellen eines Skriptkapitels: 20 h
- In-Situ-Vorlesung im Vogelsberg; 40 h
- Vorbereitung eines Vortrags: 20 h

# M 3.103 Modul: Grundlagen der Nanotechnologie I [M-PHYS-102097]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Pflichtbestandteil)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Pflichtbestandteil)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102529 | Grundlagen der Nanotechnologie I | 4 LP | Goll |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende vertieft sein Wissen auf einem Gebiet der Nano-Physik, beherrscht die relevanten theoretischen Konzepte und ist mit grundlegenden Techniken und Messmethoden der Nano-Analytik und der Lithographie vertraut.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102096 - Grundlagen der Nanotechnologie I (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie;

Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen:

- Methoden der Abbildung und Charakterisierung (Nanoanalytik)
  Grundlegende Konzepte der Elektronenmikroskopie und der damit verbundenen analytischen Möglichkeiten werden einführend behandelt. Rastersondenverfahren wie die Tunnel- und die Kraftmikroskopie zur Untersuchung und Abbildung leitfähiger bzw. isolierender Probenoberflächen werden diskutiert. Ergänzend werden spektroskopische Möglichkeiten der Rastersondenverfahren erläutert.
- Methoden der Herstellung von Nanostrukturen (Lithographie und Selbstorganisation)
  Entlang der einzelnen Prozessschritte von der Belackung über die Belichtung bis hin zur Strukturübertragung durch Ätzen und Bedampfen werden die eingesetzten Methoden erläutert, deren Einsatzgrenzen diskutiert und aktuelle Entwicklungen aufgezeigt.

Die Vorlesung „Nanotechnologie II“ behandelt im Sommersemester Anwendungsgebiete und aktuelle Forschungsthemen.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und der Quantenmechanik werden erwartet.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung. (90)

**Lehr- und Lernformen**
4021041 Vorlesung 2 SWS; G Goll

**Literatur**
Zur Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes wird auf verschiedene Lehrbücher sowie Original- und Übersichtsartikel verwiesen. Eine ausführliche Liste wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.104 Modul: Grundlagen der Nanotechnologie I (NF) [M-PHYS-102096]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102528 | Grundlagen der Nanotechnologie I (NF) | 4 LP | Goll |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende vertieft sein Wissen auf einem Gebiet der Nano-Physik, beherrscht die relevanten theoretischen Konzepte und ist mit grundlegenden Techniken und Messmethoden der Nano-Analytik und der Lithographie vertraut.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102097 - Grundlagen der Nanotechnologie I darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie;

Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen:

- Methoden der Abbildung und Charakterisierung (Nanoanalytik)
  Grundlegende Konzepte der Elektronenmikroskopie und der damit verbundenen analytischen Möglichkeiten werden einführend behandelt. Rastersondenverfahren wie die Tunnel- und die Kraftmikroskopie zur Untersuchung und Abbildung leitfähiger bzw. isolierender Probenoberflächen werden diskutiert. Ergänzend werden spektroskopische Möglichkeiten der Rastersondenverfahren erläutert.
- Methoden der Herstellung von Nanostrukturen (Lithographie und Selbstorganisation)
  Entlang der einzelnen Prozessschritte von der Belackung über die Belichtung bis hin zur Strukturübertragung durch Ätzen und Bedampfen werden die eingesetzten Methoden erläutert, deren Einsatzgrenzen diskutiert und aktuelle Entwicklungen aufgezeigt.

Die Vorlesung „Nanotechnologie II“ behandelt im Sommersemester Anwendungsgebiete und aktuelle Forschungsthemen.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und der Quantenmechanik werden erwartet.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung. (90)

**Lehr- und Lernformen**
4021041 Vorlesung 2 SWS; G Goll

**Literatur**
Zur Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes wird auf verschiedene Lehrbücher sowie Original- und Übersichtsartikel verwiesen. Eine ausführliche Liste wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.105 Modul: Grundlagen der Nanotechnologie II [M-PHYS-102100]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Pflichtbestandteil)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Pflichtbestandteil)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102531 | Grundlagen der Nanotechnologie II | 4 LP | Goll |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende vertieft sein Wissen auf dem Gebiet der Nanophysik, beherrscht die relevanten theoretischen Konzepte und ist mit den grundlegenden Anwendungsbereichen der Nanophysik vertraut. Der Studierende ist befähigt, aktuelle Daten und Abbildungen aus der wissenschaftlichen Literatur zu interpretieren und den aktuellen Stand der Forschung sowie wichtige „offene Fragen“ darzustellen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102099 - Grundlagen der Nanotechnologie II (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie

Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen;

Anwendungen und aktuelle Entwicklungen u.a. aus den Bereichen Nanoelektronik, Nanooptik, Nanomechanik, Nanotribologie, Biologische Nanostrukturen, Selbstorganisierte Nanostrukturen.

Ergänzend hierzu behandelt die Vorlesung „Grundlagen der Nanotechnologie I“ im Wintersemester Methoden der Abbildung, Charakterisierung und der Herstellung von Nanostrukturen.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und der Quantenmechanik werden erwartet.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4021151 Vorlesung 2 SWS; G. Goll

**Literatur**
Zur Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes wird auf verschiedene Lehrbücher sowie Original- und Übersichtsartikel verwiesen. Eine ausführliche Liste wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.106 Modul: Grundlagen der Nanotechnologie II (NF) [M-PHYS-102099]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102530 | Grundlagen der Nanotechnologie II (NF) | 4 LP | Goll |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende vertieft sein Wissen auf dem Gebiet der Nanophysik, beherrscht die relevanten theoretischen Konzepte und ist mit den grundlegenden Anwendungsbereichen der Nanophysik vertraut. Der Studierende ist befähigt, aktuelle Daten und Abbildungen aus der wissenschaftlichen Literatur zu interpretieren und den aktuellen Stand der Forschung sowie wichtige „offene Fragen“ darzustellen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102100 - Grundlagen der Nanotechnologie II darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in zentrale Gebiete der Nanotechnologie

Vermittlung der konzeptionellen, theoretischen und insbesondere methodischen Grundlagen;

Anwendungen und aktuelle Entwicklungen u.a. aus den Bereichen Nanoelektronik, Nanooptik, Nanomechanik, Nanotribologie, Biologische Nanostrukturen, Selbstorganisierte Nanostrukturen.

Ergänzend hierzu behandelt die Vorlesung „Grundlagen der Nanotechnologie I“ im Wintersemester Methoden der Abbildung, Charakterisierung und der Herstellung von Nanostrukturen.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und der Quantenmechanik werden erwartet.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4021151 Vorlesung 2 SWS; G. Goll

**Literatur**
Zur Nachbereitung und Vertiefung des Vorlesungsstoffes wird auf verschiedene Lehrbücher sowie Original- und Übersichtsartikel verwiesen. Eine ausführliche Liste wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.107 Modul: Hadronische Wechselwirkungen [M-PHYS-105063]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110279 | Hadronische Wechselwirkungen | 4 LP | Gieseke |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Qualifikationsziele**
The students will have an overview of models for hadronic interactions. Here, all interactions that are not normally addressed in the context of a perturbative Quantum Field Theory are understood. The course will cover elements of Scatterinig Theory as well as simple models for typical forward physics processes. The phenomenology of strong interactions at colliders and in Astroparticle Physics will be discussed in numerous examples.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**

- Total, elastic, diffractive cross sections
- Good-Walker formalism
- Scattering Theory
- Gribov-Regge-Theory
- Hadronic Decays
- Hadronization models
- Multiple Partonic Interactions
- Final states at the LHC
- Cosmic Ray Air showers

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in Teilchenphysik sind empfehlenswert

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden).

**Literatur**
Literaturempfehlungen werden während des Kurses gegeben

# M 3.108 Modul: Halbleiterphysik, mit Übungen [M-PHYS-102131]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Pflicht Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102343 | Halbleiterphysik, mit Übungen | 10 LP | Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- kennen charakteristische Details der Halbleiter-Bandstruktur und können diese theoretisch begründen
- beherrschen die Beschreibung von Gleichgewichts- sowie Nichtgleichgewichtsprozessen
- können mit Hilfe der Differentialgleichungen der inneren Elektronik Transportphänomene und dynamische Probleme berechnen und verstehen die Bedeutung von zeitlicher bzw. räumlicher Inhomogenität als Antrieb für diese Prozesse
- verstehen die Bandverläufe und physikalischen Eigenschaften von Halbleiter-Übergängen
- können an Hand der gelernten Grundlagen das phänomenologische Verhalten und typische Anwendungen von Halbleiterbauelementen beschreiben und theoretisch begründen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102130 - Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102300 - Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102301 - Halbleiterphysik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
I. Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern (Materialklassen, Bandstruktur, k*p-Theorie, Statistik, Boltzmann-Gleichgewicht)

II. Nichtgleichgewichtsprozesse in Halbleitern (Boltzmann-Gleichung, Generation und Rekombination, Transportphänomene)

III. Halbleiterübergänge im thermodynamischen Gleichgewicht (pn-Übergang, Heteroübergänge, niederdimensionale Halbleiter, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Isolator-Halbleiter-Übergang)

IV. Halbleiterübergänge im Nichtgleichgewicht/ Bauelemente (Diode, Photodiode, Solarzelle, LED, Diodenlaser, Mikrowellenbauelemente, bipolarer Transistor, Feldeffekttransistor, CCD, Speicherbauelemente, ...)

V. Halbleiter-Technologie (Epitaxie, Dotierung, Strukturierung, Integration)

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Std.), Nachbereitung von Vorlesung und Übungen; Prüfungsvorbereitung bzw. Vorbereitung des Vortrags

**Lehr- und Lernformen**
4020111 Vorlesung 4 SWS; H. Kalt

4020112Übung1 SWS; H. Kalt;

**Literatur**

R. Enderlein, N. Horing: *Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices*

M. Grundmann: *The Physics of Semiconductors*

S.M. Sze, K.K. Ng: *Physics of Semiconductor Devices*

# M 3.109 Modul: Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102130]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102301 | Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) | 10 LP | Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- kennen charakteristische Details der Halbleiter-Bandstruktur und können diese theoretisch begründen
- beherrschen die Beschreibung von Gleichgewichts- sowie Nichtgleichgewichtsprozessen
- können mit Hilfe der Differentialgleichungen der inneren Elektronik Transportphänomene und dynamische Probleme berechnen und verstehen die Bedeutung von zeitlicher bzw. räumlicher Inhomogenität als Antrieb für diese Prozesse
- verstehen die Bandverläufe und physikalischen Eigenschaften von Halbleiter-Übergängen
- können an Hand der gelernten Grundlagen das phänomenologische Verhalten und typische Anwendungen von Halbleiterbauelementen beschreiben und theoretisch begründen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102131 - Halbleiterphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102300 - Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102301 - Halbleiterphysik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
I. Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern (Materialklassen, Bandstruktur, k*p-Theorie, Statistik, Boltzmann-Gleichgewicht)

II. Nichtgleichgewichtsprozesse in Halbleitern (Boltzmann-Gleichung, Generation und Rekombination, Transportphänomene)

III. Halbleiterübergänge im thermodynamischen Gleichgewicht (pn-Übergang, Heteroübergänge, niederdimensionale Halbleiter, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Isolator-Halbleiter-Übergang)

IV. Halbleiterübergänge im Nichtgleichgewicht/ Bauelemente (Diode, Photodiode, Solarzelle, LED, Diodenlaser, Mikrowellenbauelemente, bipolarer Transistor, Feldeffekttransistor, CCD, Speicherbauelemente, ...)

V. Halbleiter-Technologie (Epitaxie, Dotierung, Strukturierung, Integration)

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Std.), Nachbereitung von Vorlesung und Übungen; Prüfungsvorbereitung bzw. Vorbereitung des Vortrags

**Lehr- und Lernformen**
4020111 Vorlesung 4 SWS; H. Kalt

4020112 Übung 1 SWS; H. Kalt;

**Literatur**
R. Enderlein, N. Horing: *Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices*

M. Grundmann: *The Physics of Semiconductors*

S.M. Sze, K.K. Ng: *Physics of Semiconductor Devices*

# M 3.110 Modul: Halbleiterphysik, ohne Übungen [M-PHYS-102301]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Pflicht Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104590 | Halbleiterphysik, ohne Übungen | 8 LP | Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- kennen charakteristische Details der Halbleiter-Bandstruktur und können diese theoretisch begründen
- beherrschen die Beschreibung von Gleichgewichts- sowie NichtgleichDie Studierenden
- können mit Hilfe der Differentialgleichungen der inneren Elektronik Transportphänomene und dynamische Probleme berechnen und verstehen die Bedeutung von zeitlicher bzw. räumlicher Inhomogenität als Antrieb für diese Prozesse
- verstehen die Bandverläufe und physikalischen Eigenschaften von Halbleiter-Übergängen
- können an Hand der gelernten Grundlagen das phänomenologische Verhalten und typische Anwendungen von Halbleiterbauelementen beschreiben und theoretisch begründen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102130 - Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102300 - Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102131 - Halbleiterphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
I. Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern (Materialklassen, Bandstruktur, k*p-Theorie, Statistik, Boltzmann-Gleichgewicht)

II. Nichtgleichgewichtsprozesse in Halbleitern (Boltzmann-Gleichung, Generation und Rekombination, Transportphänomene)

III. Halbleiterübergänge im thermodynamischen Gleichgewicht (pn-Übergang, Heteroübergänge, niederdimensionale Halbleiter, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Isolator-Halbleiter-Übergang)

IV. Halbleiterübergänge im Nichtgleichgewicht/ Bauelemente (Diode, Photodiode, Solarzelle, LED, Diodenlaser, Mikrowellenbauelemente, bipolarer Transistor, Feldeffekttransistor, CCD, Speicherbauelemente, ...)

V. Halbleiter-Technologie (Epitaxie, Dotierung, Strukturierung, Integration)

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Std.), Nachbereitung von Vorlesung und Übungen; Prüfungsvorbereitung bzw. Vorbereitung des Vortrags

**Lehr- und Lernformen**
4020111 Vorlesung 4 SWS; H. Kalt

4020112Übung1 SWS; H. Kalt;

**Literatur**

R. Enderlein, N. Horing: *Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices*

M. Grundmann: *The Physics of Semiconductors*

S.M. Sze, K.K. Ng: *Physics of Semiconductor Devices*

# M 3.111 Modul: Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-102300]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104589 | Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) | 8 LP | Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden

- kennen charakteristische Details der Halbleiter-Bandstruktur und können diese theoretisch begründen
- beherrschen die Beschreibung von Gleichgewichts- sowie Nichtgleichgewichtsprozessen
- können mit Hilfe der Differentialgleichungen der inneren Elektronik Transportphänomene und dynamische Probleme berechnen und verstehen die Bedeutung von zeitlicher bzw. räumlicher Inhomogenität als Antrieb für diese Prozesse
- verstehen die Bandverläufe und physikalischen Eigenschaften von Halbleiter-Übergängen
- können an Hand der gelernten Grundlagen das phänomenologische Verhalten und typische Anwendungen von Halbleiterbauelementen beschreiben und theoretisch begründen

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102131 - Halbleiterphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102130 - Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102301 - Halbleiterphysik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
I. Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern (Materialklassen, Bandstruktur, k*p-Theorie, Statistik, Boltzmann-Gleichgewicht)

II. Nichtgleichgewichtsprozesse in Halbleitern (Boltzmann-Gleichung, Generation und Rekombination, Transportphänomene)

III. Halbleiterübergänge im thermodynamischen Gleichgewicht (pn-Übergang, Heteroübergänge, niederdimensionale Halbleiter, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Isolator-Halbleiter-Übergang)

IV. Halbleiterübergänge im Nichtgleichgewicht/ Bauelemente (Diode, Photodiode, Solarzelle, LED, Diodenlaser, Mikrowellenbauelemente, bipolarer Transistor, Feldeffekttransistor, CCD, Speicherbauelemente, ...)

V. Halbleiter-Technologie (Epitaxie, Dotierung, Strukturierung, Integration)

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Std.), Nachbereitung von Vorlesung und Übungen; Prüfungsvorbereitung bzw. Vorbereitung des Vortrags

**Lehr- und Lernformen**
4020111 Vorlesung 4 SWS; H. Kalt

4020112Übung1 SWS; H. Kalt;

**Literatur**
R. Enderlein, N. Horing: *Fundamentals of Semiconductor Physics and Devices*

M. Grundmann: *The Physics of Semiconductors*

S.M. Sze, K.K. Ng: *Physics of Semiconductor Devices*

## M 3.112 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik [M-PHYS-102207]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-EAP (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104541 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Neutrinos und Dunkle Materie | 4 LP | Drexlin |
| T-PHYS-104550 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Das Universum bei höchsten Energien | 4 LP | Drexlin, Engel |
| T-PHYS-104547 | Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Teilchenphysik | 4 LP | Husemann, Müller |
| T-PHYS-104557 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Kosmische Strahlung | 4 LP | Bluemer |
| T-PHYS-104558 | Hauptseminar: Synchrotronstrahlung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-104559 | Hauptseminar: Beschleuniger und Synchrotronstrahlung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-106129 | Hauptseminar: Moderne Teilchenbeschleuniger und Forschung mit Photonen | 4 LP | Baumbach, Müller |
| T-PHYS-110293 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik | 4 LP | Drexlin, Engel, Valerius |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

# M 3.113 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik [M-PHYS-102206]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-ETP (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104522 | Hauptseminar: Hunting New Physics in the Higgs Sector | 4 LP | Mühlleitner |
| T-PHYS-104537 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Grundlagen der Elementarteilchenphysik | 4 LP | Gieseke, Quast, Zeppenfeld |
| T-PHYS-104547 | Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Teilchenphysik | 4 LP | Husemann, Müller |
| T-PHYS-104558 | Hauptseminar: Synchrotronstrahlung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-104559 | Hauptseminar: Beschleuniger und Synchrotronstrahlung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-105791 | Hauptseminar: Teilchenphysik und Experimentelle Methoden | 4 LP | Husemann, Müller, Quast |
| T-PHYS-106129 | Hauptseminar: Moderne Teilchenbeschleuniger und Forschung mit Photonen | 4 LP | Baumbach, Müller |
| T-PHYS-106287 | Hauptseminar: Big Data Science in- und außerhalb der Physik | 4 LP | Feindt |
| T-PHYS-106525 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Teilchenphysik | 4 LP | Gieseke, Quast |
| T-PHYS-107566 | Hauptseminar: Teilchenphysik bei höchster Energie am LHC | 4 LP | Mozer, Müller, Wolf |
| T-PHYS-108435 | Hauptseminar: Standardmodell der Teilchenphysik: Experiment und Theorie | 4 LP | Zeppenfeld |
| T-PHYS-109973 | Hauptseminar: Flavourphysik | 4 LP | Bernlochner |
| T-PHYS-109976 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Colliderphysik | 4 LP | Gieseke, Rabbertz |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

## M 3.114 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie [M-PHYS-102203]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-KM (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104523 | Hauptseminar: Elektronenoptik | 4 LP | Haider |
| T-PHYS-104539 | Hauptseminar: Metamaterialien | 4 LP | Naber, Wegener |
| T-PHYS-104540 | Hauptseminar: Halbleiter-Nanostrukturen | 4 LP | Hetterich, Kalt |
| T-PHYS-104543 | Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Festkörperphysik | 4 LP | Ustinov, Weiß |
| T-PHYS-104549 | Hauptseminar: Physik tiefer Temperaturen | 4 LP | Beckmann, Ustinov |
| T-PHYS-104558 | Hauptseminar: Synchrotronstrahlung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-104559 | Hauptseminar: Beschleuniger und Synchrotronstrahlung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-105790 | Hauptseminar: Schlüsselexperimente der Festkörperphysik | 4 LP | Le Tacon, Weiß |
| T-PHYS-105794 | Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und deren Anwendung in der Festkörperforschung | 4 LP | Gerthsen |
| T-PHYS-105795 | Hauptseminar: Forschung mit Photonen - Festkörperforschung, Strukturaufklärung und Bildgebung | 4 LP | Baumbach |
| T-PHYS-105789 | Hauptseminar: Optoelektronik - Grundlagen und Bauelemente | 4 LP | Hetterich, Kalt |
| T-PHYS-106125 | Hauptseminar: Magnetismus | 4 LP | Wernsdorfer |
| T-PHYS-106129 | Hauptseminar: Moderne Teilchenbeschleuniger und Forschung mit Photonen | 4 LP | Baumbach, Müller |
| T-PHYS-106524 | Hauptseminar: Basisgrößen und Basiseinheiten | 4 LP | Wulfhekel |
| T-PHYS-107564 | Hauptseminar: Tieftemperaturphysik | 4 LP | Ustinov, Weiß |
| T-PHYS-107565 | Hauptseminar: Quantenoptik und Spindynamik auf der Nanoskala | 4 LP | Wernsdorfer |
| T-PHYS-108433 | Hauptseminar: Quantentechnologie (Spins, Tunnelsysteme, NV-Zentren, Supraleitende Qubits etc.) | 4 LP | Weiß |
| T-PHYS-108434 | Hauptseminar: Phasenübergänge in Festkörpern mit Korrelierten Elektronen | 4 LP | Le Tacon |
| T-PHYS-108436 | Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und Elektronenoptik | 4 LP | Gerthsen |
| T-PHYS-106523 | Hauptseminar: Quantenoptik | 4 LP | Hunger, Naber, Rockstuhl, Wegener |
| T-PHYS-108876 | Hauptseminar: Quanteneffekte in Dünnen Schichten | 4 LP | Wulfhekel |
| T-PHYS-109971 | Hauptseminar: Aktuelle Experimente der Quantenphysik | 4 LP | Hunger, Le Tacon, Wernsdorfer |
| T-PHYS-109972 | Hauptseminar: Festkörperphysik bei Tiefen Temperaturen | 4 LP | Weiß, Wulfhekel |
| T-PHYS-109977 | Hauptseminar: Neutronen- und Röntgenstrahlung in der Festkörperphysik | 4 LP | |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul **M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik** darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul **M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik** darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul **M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik** darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul **M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik** darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul **M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik** darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul **M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie** darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

# M 3.115 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik [M-PHYS-102204]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-NP (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104523 | Hauptseminar: Elektronenoptik | 4 LP | Haider |
| T-PHYS-104539 | Hauptseminar: Metamaterialien | 4 LP | Naber, Wegener |
| T-PHYS-104540 | Hauptseminar: Halbleiter-Nanostrukturen | 4 LP | Hetterich, Kalt |
| T-PHYS-104544 | Hauptseminar: Konformationsdynamik in Biomolekülen | 4 LP | Nienhaus, Wenzel |
| T-PHYS-104542 | Hauptseminar: Nanoelektronik und Quantentransport | 4 LP | Schön |
| T-PHYS-104560 | Hauptseminar: Lichtoptische Nanoskopie | 4 LP | Nienhaus |
| T-PHYS-104573 | Hauptseminar: Biophysik der Sinneswahrnehmungen | 4 LP | Weiß, Wulfhekel |
| T-PHYS-104574 | Hauptseminar: Konzepte und Bauelemente des Quantencomputers | 4 LP | Schön |
| T-PHYS-105792 | Hauptseminar: Konzepte und Physik des Quantencomputers | 4 LP | Schön |
| T-PHYS-105789 | Hauptseminar: Optoelektronik - Grundlagen und Bauelemente | 4 LP | Hetterich, Kalt |
| T-PHYS-105794 | Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und deren Anwendung in der Festkörperforschung | 4 LP | Gerthsen |
| T-PHYS-106125 | Hauptseminar: Magnetismus | 4 LP | Wernsdorfer |
| T-PHYS-107565 | Hauptseminar: Quantenoptik und Spindynamik auf der Nanoskala | 4 LP | Wernsdorfer |
| T-PHYS-107891 | Hauptseminar: Experimente mit einzelnen Photonen | 4 LP | Wegener |
| T-PHYS-108433 | Hauptseminar: Quantentechnologie (Spins, Tunnelsysteme, NV-Zentren, Supraleitende Qubits etc.) | 4 LP | Weiß |
| T-PHYS-108436 | Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und Elektronenoptik | 4 LP | Gerthsen |
| T-PHYS-108876 | Hauptseminar: Quanteneffekte in Dünnen Schichten | 4 LP | Wulfhekel |
| T-PHYS-108877 | Hauptseminar: Methoden der Virtuellen Materialentwicklung | 4 LP | Wenzel |
| T-PHYS-109971 | Hauptseminar: Aktuelle Experimente der Quantenphysik | 4 LP | Hunger, Le Tacon, Wernsdorfer |
| T-PHYS-109972 | Hauptseminar: Festkörperphysik bei Tiefen Temperaturen | 4 LP | Weiß, Wulfhekel |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul **M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie** darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul **M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik** darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul **M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik** darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul **M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik** darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul **M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik** darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul **M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie** darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

## M 3.116 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik [M-PHYS-102205]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-OP (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104539 | Hauptseminar: Metamaterialien | 4 LP | Naber, Wegener |
| T-PHYS-104544 | Hauptseminar: Konformationsdynamik in Biomolekülen | 4 LP | Nienhaus, Wenzel |
| T-PHYS-104560 | Hauptseminar: Lichtoptische Nanoskopie | 4 LP | Nienhaus |
| T-PHYS-104573 | Hauptseminar: Biophysik der Sinneswahrnehmungen | 4 LP | Weiß, Wulfhekel |
| T-PHYS-105788 | Hauptseminar: Plasmonik | 4 LP | Rockstuhl |
| T-PHYS-105789 | Hauptseminar: Optoelektronik - Grundlagen und Bauelemente | 4 LP | Hetterich, Kalt |
| T-PHYS-106523 | Hauptseminar: Quantenoptik | 4 LP | Hunger, Naber, Rockstuhl, Wegener |
| T-PHYS-106524 | Hauptseminar: Basisgrößen und Basiseinheiten | 4 LP | Wulfhekel |
| T-PHYS-107565 | Hauptseminar: Quantenoptik und Spindynamik auf der Nanoskala | 4 LP | Wernsdorfer |
| T-PHYS-107891 | Hauptseminar: Experimente mit einzelnen Photonen | 4 LP | Wegener |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

# M 3.117 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik [M-PHYS-102208]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-TTP (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104522 | Hauptseminar: Hunting New Physics in the Higgs Sector | 4 LP | Mühlleitner |
| T-PHYS-104537 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Grundlagen der Elementarteilchenphysik | 4 LP | Gieseke, Quast, Zeppenfeld |
| T-PHYS-104575 | Hauptseminar: Models and Searches for Lorentz Violation | 4 LP | Klinkhamer |
| T-PHYS-105793 | Hauptseminar: Spezielle Relativitätstheorie | 4 LP | Klinkhamer |
| T-PHYS-106126 | Hauptseminar: General Relativity | 4 LP | Klinkhamer |
| T-PHYS-106127 | Hauptseminar: Physics beyond the Standard Model at the LHC and ee Colliders | 4 LP | Mühlleitner |
| T-PHYS-106128 | Hauptseminar: Physics and Mathematics of Scattering Amplitudes | 4 LP | Melnikov |
| T-PHYS-106525 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Teilchenphysik | 4 LP | Gieseke, Quast |
| T-PHYS-107567 | Hauptseminar: Miracles in Quantum Field Theory | 4 LP | Melnikov |
| T-PHYS-108435 | Hauptseminar: Standardmodell der Teilchenphysik: Experiment und Theorie | 4 LP | Zeppenfeld |
| T-PHYS-109974 | Hauptseminar: General Relativity II | 4 LP | Klinkhamer |
| T-PHYS-109975 | Hauptseminar: From the Smallest to the Largest Scales - Understanding the Matter Content of the Universe | 4 LP | Mühlleitner |
| T-PHYS-109976 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Colliderphysik | 4 LP | Gieseke, Rabbertz |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

# M 3.118 Modul: Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie [M-PHYS-102209]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch/Englisch | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: HS-TKM (4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104538 | Hauptseminar: Elementare Quanteneffekte der Kondensierten Materie | 4 LP | Mirlin, Schmalian, Shnirman |
| T-PHYS-104542 | Hauptseminar: Nanoelektronik und Quantentransport | 4 LP | Schön |
| T-PHYS-104574 | Hauptseminar: Konzepte und Bauelemente des Quantencomputers | 4 LP | Schön |
| T-PHYS-105788 | Hauptseminar: Plasmonik | 4 LP | Rockstuhl |
| T-PHYS-105792 | Hauptseminar: Konzepte und Physik des Quantencomputers | 4 LP | Schön |
| T-PHYS-104544 | Hauptseminar: Konformationsdynamik in Biomolekülen | 4 LP | Nienhaus, Wenzel |
| T-PHYS-106523 | Hauptseminar: Quantenoptik | 4 LP | Hunger, Naber, Rockstuhl, Wegener |
| T-PHYS-107567 | Hauptseminar: Miracles in Quantum Field Theory | 4 LP | Melnikov |
| T-PHYS-108877 | Hauptseminar: Methoden der Virtuellen Materialentwicklung | 4 LP | Wenzel |
| T-PHYS-109598 | Hauptseminar: Theory of Superconductivity | 4 LP | Schmalian |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung, regelmäßige Anwesenheit sowie eigener Vortrag.

**Qualifikationsziele**
Es werden wissenschaftliche Präsentationstechniken anhand eines eigenen Vortrags sowie den Vorträgen der anderen Teilnehmer erlernt. Dies beinhaltet die selbständige Sammlung an wissenschaftlichen Materials, die korrekte Zitationstechnik, die Auswahl des Stoffes unter didaktischen Gesichtspunkten, die Gliederung des Vortrages, die Foliengestaltung, die eigentliche Präsentation und die Beantwortung von Fragen aus dem Publikum.

**Voraussetzungen**
Keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.
6. Das Modul M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Zusammen mit den Präsentationstechniken werden je nach Themenwahl spezielle wissenschaftliche Themen bis hin zum aktuellen Forschungsstand vermittelt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung (30 Stunden) sowie Vorbereitung des eigenen Vortrags inkl. Probevortrag (60 Stunden)

**Literatur**
Neben Lehrbüchern zu den Spezialthemen werden insbesondere wissenschaftliche Fachartikel verwendet.

# M 3.119 Modul: Hydrodynamik [M-PHYS-104864]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Jörg Schmalian
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109897 | Hydrodynamik | 8 LP | Schmalian |

**Erfolgskontrolle(n)**
Kurzvorträgen in Rahmen der Vorlesung

**Qualifikationsziele**
Deeper understanding of the condensed matter theory; gaining knowledge on most important phenomena and concepts in hydrodynamics, as well as on its modern applications to electronic systems in novel materials.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104865 - Hydrodynamik (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Introduction.
2. Hydrodynamics of an ideal fluid, Euler equation.
3. Dissipative corrections, Navier-Stokes equation, viscosity, thermal conductivity.
4. Magnetohydrodynamics, collisionless plasma.
5. Electronic hydrodynamics in graphene.
6. Electronic hydrodynamics in other novel materials (Weyl semimetals, etc.).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in Festkörperphysik, Quantenmechanik und Statistischer Physik werden vorausgesetzt

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180 Stunden)

**Literatur**

- L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Fluid Dynamics
- D. Vollhardt, P. Wölfle, The superfluid phases of Helium 3

# M 3.120 Modul: Hydrodynamik (NF) [M-PHYS-104865]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Jörg Schmalian
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109896 | Hydrodynamik (NF) | 8 LP | Schmalian |

**Erfolgskontrolle(n)**
Kurzvorträgen in Rahmen der Vorlesung

**Qualifikationsziele**
Deeper understanding of the condensed matter theory; gaining knowledge on most important phenomena and concepts in hydrodynamics, as well as on its modern applications to electronic systems in novel materials.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104864 - Hydrodynamik darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Introduction.
2. Hydrodynamics of an ideal fluid, Euler equation.
3. Dissipative corrections, Navier-Stokes equation, viscosity, thermal conductivity.
4. Magnetohydrodynamics, collisionless plasma.
5. Electronic hydrodynamics in graphene.
6. Electronic hydrodynamics in other novel materials (Weyl semimetals, etc.).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in Festkörperphysik, Quantenmechanik und Statistischer Physik werden vorausgesetzt

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180 Stunden)

**Literatur**

- L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Fluid Dynamics
- D. Vollhardt, P. Wölfle, The superfluid phases of Helium 3

# M 3.121 Modul: Induced Seismicity, benotet [M-PHYS-101959]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103575 | Induced Seismicity, Studienleistung | 3 LP | Ritter |
| T-PHYS-103677 | Induced Seismicity, Prüfung | 2 LP | Ritter |

**Erfolgskontrolle(n)**
Presentation (45%), report (45%) and participation in discussion (10%) will be graded. A detailed rating scheme will be distributed during the first lecture.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen die Grundlagen induzierter Seismizität, verstehen deren Ursachen und können Möglichkeiten des Auftretens benennen und vergleichen. Sie haben grundlegende Kenntnisse im Bereich der rechtlichen Aspekte im Zusammenhang mit induzierter Seismizität erworben und können die induzierte Seismizität an Staudämmen, im Bergbau und im Zusammenhang mit Geothermie analysieren, unterscheiden und beurteilen.

Die Studierenden kennen Regionen im In- und Ausland, in denen induzierte Seismizität auftritt und können im Gelände Strukturen erkennen, die auf das mögliche Auftreten induzierter Seismizität hinweisen.

Die Studierenden sind in der Lage, selbstorganisiert und lösungsorientiert an einer vorgegebenen konkreten Fragestellung aus dem Bereich der induzierten Seismizität zu arbeiten und Fachliteratur zu verstehen. Sie können die Fragestellung überblicken, analysieren, interpretieren und bewerten. Sie sind in der Lage, fachbezogen zu argumentieren und über die Inhalte mit Kommilitonen zu diskutieren und ihren eigenen Standpunkt zu vertreten. Ebenso können sie den Standpunkt der anderen kritisch hinterfragen. Sie können die Inhalte dieser Untersuchungen schriftlich zusammenfassen, dabei reflektieren und einordnen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Presentation (45%), report (45%) and participation in discussion (10%) will be graded. A detailed rating scheme will be distributed during the first lecture.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101878 - Induced Seismicity, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen: Induzierte Seismizität
- Ursachen induzierter Seismizität
- Rechtliche Aspekte
- Fallbeispiele: Staudämme, Geothermie, Bergbau

**Arbeitsaufwand**
Total workload: 150 h which consists of

- 10 h lecture at KIT as preparation
- 5 h preparaton and wrap-up of lecture
- 40 h in situ lecture in Thuringia
- 35 h preparation of presentation
- 60 h preparation of report

# M 3.122 Modul: Induced Seismicity, unbenotet [M-PHYS-101878]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103575 | Induced Seismicity, Studienleistung | 3 LP | Ritter |

**Erfolgskontrolle(n)**
In order to pass the module a presentation has to be given during the in situ lecture and participation in discussions after presentations of fellow students is necessary.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen die Grundlagen induzierter Seismizität, verstehen deren Ursachen und können Möglichkeiten des Auftretens benennen und vergleichen. Sie haben grundlegende Kenntnisse im Bereich der rechtlichen Aspekte im Zusammenhang mit induzierter Seismizität erworben und können die induzierte Seismizität an Staudämmen, im Bergbau und im Zusammenhang mit Geothermie analysieren, unterscheiden und beurteilen.

Die Studierenden kennen Regionen im In- und Ausland, in denen induzierte Seismizität auftritt und können im Gelände Strukturen erkennen, die auf das mögliche Auftreten induzierter Seismizität hinweisen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Studienleistung ist unbenotet.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101959 - Induced Seismicity, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen: Induzierte Seismizität
- Ursachen induzierter Seismizität
- Rechtliche Aspekte
- Fallbeispiele: Staudämme, Geothermie, Bergbau

**Arbeitsaufwand**
Total workload: 90 h which consists of

- 10 h lecture at KIT as preparation
- 5 h preparaton and wrap-up of lecture
- 40 h in situ lecture in Thuringia
- 35 h preparation of presentation

# M 3.123 Modul: Inversion & Tomographie [M-PHYS-102368]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104737 | Inversion & Tomographie | 8 LP | Bohlen, Ritter |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the oral exam (approx. 45 minutes) must be passed. As prerequisites the examinations of other type must be passed, based on successful participation of the exercises. Students write reports on their exercise work. These reports are rated. The necessary number of points is explained at the beginning of the individual exercises.

**Qualifikationsziele**
The students understand how to invert data to achieve a model of physical parameters. The students realize that seismic waves can be treated in different waves: full waveform, finite-frequency approximations (banana-doughnut theory) and rays. From this they understand how seismic images can be constructed and interpreted. Students are able to evaluate inversion models based on error bonds, resolution matrices and reconstruction tests. They know the complete chain of tomography: data pre-processing, parameterization, inversion, model assessment and interpretation. The students are used to read scientific papers on inversion and tomography and to discuss questions on these papers. Finally the students are able to understand basic inverse problems and read more advanced texts. Practically, the students understand how to code simple problems with Matlab or possibly Python. The students know how to analyze inverse problems using singular value decomposition and other methods.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The grade of the module results from grade of the oral exam.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102658 - Inversion & Tomographie (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Fundamentals of tomography
- Application of seismic tomography
- Regional to global seismic tomography
- Analysis of tomography problems
- Fundamentals in seismic inversion
- Application of linear and non-linear inversion

**Empfehlungen**
Knowledge on fundamentals of seismology and understanding of mathematics, especially matrix calculus. Fundamental skills in Linux, Matlab and computing in general.

**Lehr- und Lernformen**
V+Ü, 4 SWS

**Literatur**


- Nolet, G., 2008. A breviary of seismic tomography. Cambridge University Press.
- Aster, R.C., Brochers, B. & Thurber, C.H., 2012. Parameter estimation and inverse problems. Elsevier (2nd ed.).
- Menke, W.A., 2012. Geophysical data analysis: discrete inverse theory. Academic Press (3rd ed.).

# M 3.124 Modul: Inversion & Tomographie (NF) [M-PHYS-102658]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Prof. Dr. Joachim Ritter

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105572 | Inversion & Tomographie (NF) | 8 LP | Bohlen, Ritter |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the examinations of other type must be passed, based on successful participation of the exercises. Students write reports on their exercise work. These reports are rated. The necessary number of points is explained at the beginning of the individual exercises.

**Qualifikationsziele**
The students understand how to invert data to achieve a model of physical parameters. The students realize that seismic waves can be treated in different waves: full waveform, finite-frequency approximations (banana-doughnut theory) and rays. From this they understand how seismic images can be constructed and interpreted. Students are able to evaluate inversion models based on error bonds, resolution matrices and reconstruction tests. They know the complete chain of tomography: data pre-processing, parameterization, inversion, model assessment and interpretation. The students are used to read scientific papers on inversion and tomography and to discuss questions on these papers. Finally the students are able to understand basic inverse problems and read more advanced texts. Practically, the students understand how to code simple problems with Matlab or possibly Python. The students know how to analyze inverse problems using singular value decomposition and other methods.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The module is ungraded

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102368 - Inversion & Tomographie darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Fundamentals of tomography
- Application of seismic tomography
- Regional to global seismic tomography
- Analysis of tomography problems
- Fundamentals in seismic inversion
- Application of linear and non-linear inversion

**Empfehlungen**
Knowledge on fundamentals of seismology and understanding of mathematics, especially matrix calculus. Fundamental skills in Linux, Matlab and computing in general.

**Lehr- und Lernformen**
V+Ü, 4 SWS

**Literatur**


- Nolet, G., 2008. A breviary of seismic tomography. Cambridge University Press.
- Aster, R.C., Brochers, B. & Thurber, C.H., 2012. Parameter estimation and inverse problems. Elsevier (2nd ed.).
- Menke, W.A., 2012. Geophysical data analysis: discrete inverse theory. Academic Press (3rd ed.).

# M 3.125 Modul: Masterarbeit [M-PHYS-102068]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Masterarbeit

| Leistungspunkte | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|
| 30 | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104370 | Masterarbeit | 30 LP | Studiendekan Physik |

**Voraussetzungen**
Modul "Spezialisierungsphase" und Modul "Einführung in die wissenschaftliche Arbeit" abgelegt.

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101396 - Spezialisierungsphase muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-101397 - Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# M 3.126 Modul: Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen [M-PHYS-102517]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102376 | Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, mit erw. Übungen | 8 LP | Drexlin, Hartmann |

**Qualifikationsziele**
Methodenkompetenzerwerb: Auswahl von Messverfahren, Auswertung von Messwerten, Kalibrierung und Berechnung von Unsicherheiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102518 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102519 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung soll den Einstieg in die experimentelle Welt zu erleichtern. Ziel ist es einen Überblick über verschiedene übliche Messmethoden zu verschaffen und in Beispielen das erlernte Wissen auf praktische Messaufgaben anzuwenden. Im Vordergrund stehen hier einerseits das methodische Vorgehen bei der Auswahl des Messverfahrens und andererseits die Auswertung von Messungen unter Einsatz modernen Methoden der Signalverarbeitung inklusive einer Betrachtung der Messunsicherheiten. Häufig geben Messegräte Zeitreihen digitaler Werte aus, die weiter verarbeitet werden müssen. Dies ist regelmäßig bei selbstentwickelten Detektoren der Teilchen- und Astroteilchenphysik der Fall und wird auch bei kommerziellen Messgeräten zunehmend wichtiger. Darüber hinaus soll die Vorlesung einen Beitrag zu einer besseren Kommunikation zwischen Ingenieuren und Physikern leisten (der Ingenieur spricht z.B. vom Messunsicherheitsbudget nach GUM und der Physiker fragt sich, was das soll).

Unter anderem werden folgende Themen behandelt:
Messgeräte und ihre Genauigkeitsklassen, Berechnung von Messunsicherheiten, analoge und digitale Signalverarbeitung, Methoden der (Tief-) Temperaturmessung und Magnetfeldmessung, Einführung in die Vakuumtechnik, Anwendungsbeispiele aus der Astroteilchenphysik (z.B. Messtechniken für kosmische Strahlung und Neutrinos).

Vorlesung und Übung finden im unregelmäßigem Wechsel wöchentlich am Campus Süd statt (2 SWS) und werden durch Blockveranstaltungen am Campus Nord ergänzt (1 SWS für alle Teilnehmer + 1 SWS Blockpraktikum nach Vereinbarung).

**Empfehlungen**
Interesse an Experimentalphysik

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen, zusätzlich noch das Praktikum mit 24 h Präsenzzeit und 16 h Nachbereitung.

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.127 Modul: Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102519]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105106 | Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Drexlin, Hartmann |

**Qualifikationsziele**
Methodenkompetenzerwerb: Auswahl von Messverfahren, Auswertung von Messwerten, Kalibrierung und Berechnung von Unsicherheiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102517 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102518 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung soll den Einstieg in die experimentelle Welt zu erleichtern. Ziel ist es einen Überblick über verschiedene übliche Messmethoden zu verschaffen und in Beispielen das erlernte Wissen auf praktische Messaufgaben anzuwenden. Im Vordergrund stehen hier einerseits das methodische Vorgehen bei der Auswahl des Messverfahrens und andererseits die Auswertung von Messungen unter Einsatz modernen Methoden der Signalverarbeitung inklusive einer Betrachtung der Messunsicherheiten. Häufig geben Messegräte Zeitreihen digitaler Werte aus, die weiter verarbeitet werden müssen. Dies ist regelmäßig bei selbstentwickelten Detektoren der Teilchen- und Astroteilchenphysik der Fall und wird auch bei kommerziellen Messgeräten zunehmend wichtiger. Darüber hinaus soll die Vorlesung einen Beitrag zu einer besseren Kommunikation zwischen Ingenieuren und Physikern leisten (der Ingenieur spricht z.B. vom Messunsicherheitsbudget nach GUM und der Physiker fragt sich, was das soll).

Unter anderem werden folgende Themen behandelt:
Messgeräte und ihre Genauigkeitsklassen, Berechnung von Messunsicherheiten, analoge und digitale Signalverarbeitung, Methoden der (Tief-) Temperaturmessung und Magnetfeldmessung, Einführung in die Vakuumtechnik, Anwendungsbeispiele aus der Astroteilchenphysik (z.B. Messtechniken für kosmische Strahlung und Neutrinos).

Vorlesung und Übung finden im unregelmäßigem Wechsel wöchentlich am Campus Süd statt (2 SWS) und werden durch Blockveranstaltungen am Campus Nord ergänzt (1 SWS für alle Teilnehmer + 1 SWS Blockpraktikum nach Vereinbarung).

**Empfehlungen**
Interesse an Experimentalphysik

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen, zusätzlich noch das Praktikum mit 24 h Präsenzzeit und 16 h Nachbereitung.

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.128 Modul: Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102518]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105105 | Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen | 6 LP | Drexlin, Hartmann |

**Qualifikationsziele**
Methodenkompetenzerwerb: Auswahl von Messverfahren, Auswertung von Messwerten, Kalibrierung und Berechnung von Unsicherheiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102517 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102519 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung soll den Einstieg in die experimentelle Welt zu erleichtern. Ziel ist es einen Überblick über verschiedene übliche Messmethoden zu verschaffen und in Beispielen das erlernte Wissen auf praktische Messaufgaben anzuwenden. Im Vordergrund stehen hier einerseits das methodische Vorgehen bei der Auswahl des Messverfahrens und andererseits die Auswertung von Messungen unter Einsatz modernen Methoden der Signalverarbeitung inklusive einer Betrachtung der Messunsicherheiten. Häufig geben Messegräte Zeitreihen digitaler Werte aus, die weiter verarbeitet werden müssen. Dies ist regelmäßig bei selbstentwickelten Detektoren der Teilchen- und Astroteilchenphysik der Fall und wird auch bei kommerziellen Messgeräten zunehmend wichtiger. Darüber hinaus soll die Vorlesung einen Beitrag zu einer besseren Kommunikation zwischen Ingenieuren und Physikern leisten (der Ingenieur spricht z.B. vom Messunsicherheitsbudget nach GUM und der Physiker fragt sich, was das soll).

Unter anderem werden folgende Themen behandelt:
Messgeräte und ihre Genauigkeitsklassen, Berechnung von Messunsicherheiten, analoge und digitale Signalverarbeitung, Methoden der (Tief-) Temperaturmessung und Magnetfeldmessung, Einführung in die Vakuumtechnik, Anwendungsbeispiele aus der Astroteilchenphysik (z.B. Messtechniken für kosmische Strahlung und Neutrinos).

Vorlesung und Übung finden im unregelmäßigem Wechsel wöchentlich am Campus Süd statt (2 SWS) und werden durch Blockveranstaltungen am Campus Nord ergänzt (1 SWS für alle Teilnehmer + 1 SWS Blockpraktikum nach Vereinbarung).

**Empfehlungen**
Interesse an Experimentalphysik

**Arbeitsaufwand**
180 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.129 Modul: Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-103194]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106327 | Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Drexlin, Hartmann |

**Qualifikationsziele**
Methodenkompetenzerwerb: Auswahl von Messverfahren, Auswertung von Messwerten, Kalibrierung und Berechnung von Unsicherheiten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102517 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102519 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102518 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung soll den Einstieg in die experimentelle Welt zu erleichtern. Ziel ist es einen Überblick über verschiedene übliche Messmethoden zu verschaffen und in Beispielen das erlernte Wissen auf praktische Messaufgaben anzuwenden. Im Vordergrund stehen hier einerseits das methodische Vorgehen bei der Auswahl des Messverfahrens und andererseits die Auswertung von Messungen unter Einsatz modernen Methoden der Signalverarbeitung inklusive einer Betrachtung der Messunsicherheiten. Häufig geben Messegräte Zeitreihen digitaler Werte aus, die weiter verarbeitet werden müssen. Dies ist regelmäßig bei selbstentwickelten Detektoren der Teilchen- und Astroteilchenphysik der Fall und wird auch bei kommerziellen Messgeräten zunehmend wichtiger. Darüber hinaus soll die Vorlesung einen Beitrag zu einer besseren Kommunikation zwischen Ingenieuren und Physikern leisten (der Ingenieur spricht z.B. vom Messunsicherheitsbudget nach GUM und der Physiker fragt sich, was das soll).

Unter anderem werden folgende Themen behandelt:
Messgeräte und ihre Genauigkeitsklassen, Berechnung von Messunsicherheiten, analoge und digitale Signalverarbeitung, Methoden der (Tief-) Temperaturmessung und Magnetfeldmessung, Einführung in die Vakuumtechnik, Anwendungsbeispiele aus der Astroteilchenphysik (z.B. Messtechniken für kosmische Strahlung und Neutrinos).

Vorlesung und Übung finden im unregelmäßigem Wechsel wöchentlich am Campus Süd statt (2 SWS) und werden durch Blockveranstaltungen am Campus Nord ergänzt (1 SWS für alle Teilnehmer + 1 SWS Blockpraktikum nach Vereinbarung).

**Empfehlungen**
Interesse an Experimentalphysik

**Arbeitsaufwand**
180 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.130 Modul: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum [M-PHYS-103091]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106133 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum | 10 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenphysik als Vertiefung von Themen der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er/Sie soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen moderner im Ortsraum und im reziproken Raum abbildender Röntgenmessmethoden verstehen und anwenden lernen.

Die Vorlesung und die Übungen stellen darüber hinaus die Verbindungen zu wichtigen Anwendungsgebieten dieser Methoden her. Die Übungen sollen die Studierenden befähigen, Röntgenexperimente an Großgeräten vorzubereiten und mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102229 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103169 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103170 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die moderne Röntgenphysik. Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Röntgenbeugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (an Synchrotronspeicherringen, Freien Elektronenlasern).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie und den Nanowissenschaften
- Die Übungen enthalten optional die Möglichkeit der betreuten Durchführung von drei Experimenten an modernsten Röntgengeräten des KIT- Synchrotrons am KIT CN.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik, Quantenmechanik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen und Praktikum.

**Lehr- und Lernformen**

4028061 Vorlesung 2, SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

4028062 Übung 2, SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

4028063 Praktikum, 2 SWS; Baumbach, Tilo; Hofmann, Ralf

**Literatur**


- J. Als-Nielsen, D. McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)

# M 3.131 Modul: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) [M-PHYS-103170]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106304 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) | 10 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenphysik als Vertiefung von Themen der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er/Sie soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen moderner im Ortsraum und im reziproken Raum abbildender Röntgenmessmethoden verstehen und anwenden lernen.

Die Vorlesung und die Übungen stellen darüber hinaus die Verbindungen zu wichtigen Anwendungsgebieten dieser Methoden her. Die Übungen sollen die Studierenden befähigen, Röntgenexperimente an Großgeräten vorzubereiten und mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102229 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103169 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103091 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die moderne Röntgenphysik. Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Röntgenbeugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (an Synchrotronspeicherringen, Freien Elektronenlasern).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie und den Nanowissenschaften
- Die Übungen enthalten optional die Möglichkeit der betreuten Durchführung von drei Experimenten an modernsten Röntgengeräten des KIT-Synchrotrons am KIT CN.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik, Quantenmechanik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen und Praktikum.

**Lehr- und Lernformen**
4028061 Vorlesung 2, SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

4028062 Übung 2, SWS;Baumbach, Tilo,Hofmann, Ralf

4028063 Praktikum, 2 SWS; Baumbach, Tilo; Hofmann, Ralf

**Literatur**


- J. Als-Nielsen, D. McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)

# M 3.132 Modul: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum [M-PHYS-102229]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102352 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum | 8 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenphysik als Vertiefung von Themen der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er/Sie soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen moderner im Ortsraum und im reziproken Raum abbildender Röntgenmessmethoden verstehen und anwenden lernen.

Die Vorlesung und die Übungen stellen darüber hinaus die Verbindungen zu wichtigen Anwendungsgebieten dieser Methoden her. Die Übungen sollen die Studierenden befähigen, Röntgenexperimente an Großgeräten vorzubereiten und mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103091 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103169 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103170 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die moderne Röntgenphysik. Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Röntgenbeugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (an Synchrotronspeicherringen, Freien Elektronenlasern).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie und den Nanowissenschaften
- Die Übungen enthalten optional die Möglichkeit der betreuten Durchführung von drei Experimenten an modernsten Röntgengeräten des KIT-Synchrotrons am KIT CN.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik, Quantenmechanik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen.

**Lehr- und Lernformen**
4028061 Vorlesung, 2 SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

4028062 Übung, 2 SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

**Literatur**


- J. Als-Nielsen, D. McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)

# M 3.133 Modul: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) [M-PHYS-103169]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106303 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) | 8 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Röntgenphysik als Vertiefung von Themen der Wellenoptik und der Kondensierten Materie eingeführt werden. Er/Sie soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen moderner im Ortsraum und im reziproken Raum abbildender Röntgenmessmethoden verstehen und anwenden lernen.

Die Vorlesung und die Übungen stellen darüber hinaus die Verbindungen zu wichtigen Anwendungsgebieten dieser Methoden her. Die Übungen sollen die Studierenden befähigen, Röntgenexperimente an Großgeräten vorzubereiten und mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103091 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102229 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103170 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Einführung in die moderne Röntgenphysik. Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Röntgenbeugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (an Synchrotronspeicherringen, Freien Elektronenlasern).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie und den Nanowissenschaften
- Die Übungen enthalten optional die Möglichkeit der betreuten Durchführung von drei Experimenten an modernsten Röntgengeräten des KIT-Synchrotrons am KIT CN.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik, Quantenmechanik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen.

**Lehr- und Lernformen**
4028061 Vorlesung, 2 SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

4028062 Übung, 2 SWS; Baumbach, Tilo, Hofmann, Ralf

**Literatur**

J. Als-Nielsen, D. McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd

M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)

J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)

# M 3.134 Modul: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation [M-PHYS-102232]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Dr. Svetoslav Stankov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102353 | Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation | 8 LP | Baumbach, Stankov |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Kernresonanz-Streuung mit Synchrotronstrahlung eingeführt werden. Er soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen spektroskopischer Röntgenmessmethoden verstehen und lernen, sie auf festkörperphysikalische Fragestellungen der Nanowissenschaften (Magnetismus, Diffusion und Gitterdynamik) anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103171 - Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung schlägt eine Brücke zwischen der Festkörperphysik und den auf Kernresonanzstreuung basierenden Methoden für die Untersuchung elektronischer und magnetischer Schwingungen, Gitterschwingungen und Diffusionsphänomenen in dünnen Filmen und Nanostrukturen. Die folgenden Themen werden vorgestellt und diskutiert: Eine kurze Einführung in die Theorie der Synchrotronstrahlung, Röntgenoptiken, Detektoren und Elektronik; Kernresonanzstreuung der Synchrotronstrahlung; Hyperfinewechselwirkungen, Gitterschwingungen und atomare Diffusion untersucht mittels *in situ* Kernresonanzstreuung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen und Praktikum.

**Literatur**


- D. Attwood “Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation: Principles and Applications”, Cambridge University Press 1999
- R. Röhlsberger “Nuclear Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation” Springer Tracts in Modern Physics, Vol. 208, Springer, Berlin 2004
- S. Stankov et al. “*In-situ* Mössbauer spectroscopy with synchrotron radiation on thin films”, a book chapter in “Mössbauer Spectroscopy: Applications in Chemistry, Biology, Industry, and Nanotechnology”, ed. V. K. Sharma, G. Klingelhoefer and T. Nishida, John Wiley & Sons 2013

# M 3.135 Modul: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF) [M-PHYS-103171]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Dr. Svetoslav Stankov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106305 | Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF) | 8 LP | Baumbach, Stankov |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Kernresonanz-Streuung mit Synchrotronstrahlung eingeführt werden. Er soll die physikalischen und instrumentellen Grundlagen spektroskopischer Röntgenmessmethoden verstehen und lernen, sie auf festkörperphysikalische Fragestellungen der Nanowissenschaften (Magnetismus, Diffusion und Gitterdynamik) anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102232 - Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung schlägt eine Brücke zwischen der Festkörperphysik und den auf Kernresonanzstreuung basierenden Methoden für die Untersuchung elektronischer und magnetischer Schwingungen, Gitterschwingungen und Diffusionsphänomenen in dünnen Filmen und Nanostrukturen. Die folgenden Themen werden vorgestellt und diskutiert: Eine kurze Einführung in die Theorie der Synchrotronstrahlung, Röntgenoptiken, Detektoren und Elektronik; Kernresonanzstreuung der Synchrotronstrahlung; Hyperfinewechselwirkungen, Gitterschwingungen und atomare Diffusion untersucht mittels *in situ* Kernresonanzstreuung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen und Praktikum.

**Literatur**
D. Attwood “Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation: Principles and Applications”, Cambridge University Press 1999

R. Röhlsberger “Nuclear Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation” Springer Tracts in Modern Physics, Vol. 208, Springer, Berlin 2004

S. Stankov et al. “*In-situ* Mössbauer spectroscopy with synchrotron radiation on thin films”, a book chapter in “Mössbauer Spectroscopy: Applications in Chemistry, Biology, Industry, and Nanotechnology”, ed. V. K. Sharma, G. Klingelhoefer and T. Nishida, John Wiley & Sons 2013

# M 3.136 Modul: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum [M-PHYS-102846]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105819 | Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum | 10 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die experimentellen und theoretischen Grundlagen für die Durchführung der Datenakquisition bzw –interpretation in Hinsicht auf 2D und 3D Röntgenbildgebung im Real- und reziproken Raum erlangen. Dazu gehören mikroskopische Absorptions - und (nicht-)interferometrische Phasenkontrastbildgebung, diffraktionsverstärkte Beugung, und Streumethoden. Die Vorlesung stellt Verbindungen zu routinemäßigen Anwendungen dieser Methoden in den Lebenswissenschaften und der Festkörperforschung an ANKA her auch mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit, um das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
Die angebotenen Übungen sind als Leistungsnachweis erforderlich. Die Übungen beinhalten die betreuten Durchführung eines aus drei möglichen Experimenten an modernsten Röntgengeräten der Synchrotronstrahlungsanlage ANKA am KIT CN

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102323 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102322 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102847 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, Chemiker und Werkstoffwissenschaftler und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Computertomographie, Röntgenmikroskopie, -beugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (Synchrotronspeicherringe, Freie Elektronenlaser).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie, den Nanowissenschaften und den Lebenswissenschaften.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen und Durchführung eines Experiments an ANKA zusammen mit dessen Auswertung

**Lehr- und Lernformen**
4028131 Vorlesung 2 SWS; Hofmann, Ralf, Baumbach, Tilo

4028134 Übung 2 SWS; Hofmann, Ralf

4028133 Praktikum 2 SWS; Hofmann, Ralf

**Literatur**


- Jens Als-Nielsen, Des McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)
- D. M. Paganin, Coherent X-ray Optics, Oxford Science Publications
- U. Pietsch, V. Holy, T. Baumbach, High-resolution X-ray scattering, Springer NY (2004)

# M 3.137 Modul: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum (NF) [M-PHYS-102847]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105820 | Modern X-Ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktilum (NF) | 10 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die experimentellen und theoretischen Grundlagen für die Durchführung der Datenakquisition bzw –interpretation in Hinsicht auf 2D und 3D Röntgenbildgebung im Real- und reziproken Raum erlangen. Dazu gehören mikroskopische Absorptions - und (nicht-)interferometrische Phasenkontrastbildgebung, diffraktionsverstärkte Beugung, und Streumethoden. Die Vorlesung stellt Verbindungen zu routinemäßigen Anwendungen dieser Methoden in den Lebenswissenschaften und der Festkörperforschung an ANKA her auch mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit, um das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
Die angebotenen Übungen sind als Leistungsnachweis erforderlich. Die Übungen beinhalten die betreuten Durchführung eines aus drei möglichen Experimenten an modernsten Röntgengeräten der Synchrotronstrahlungsanlage ANKA am KIT CN

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102322 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102846 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102323 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, Chemiker und Werkstoffwissenschaftler und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Computertomographie, Röntgenmikroskopie, -beugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (Synchrotronspeicherringe, Freie Elektronenlaser).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie, den Nanowissenschaften und den Lebenswissenschaften.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen und Durchführung eines Experiments an ANKA zusammen mit dessen Auswertung

**Lehr- und Lernformen**
4028131 Vorlesung2 SWS; Hofmann, Ralf, Baumbach, Tilo

4028134 Übung2 SWS; Hofmann, Ralf

4028133 Praktikum 2 SWS; Hofmann, Ralf

**Literatur**


- Jens Als-Nielsen, Des McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)
- D. M. Paganin, Coherent X-ray Optics, Oxford Science Publications
- U. Pietsch, V. Holy, T. Baumbach, High-resolution X-ray scattering, Springer NY (2004)

# M 3.138 Modul: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum [M-PHYS-102322]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102354 | Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum | 8 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die experimentellen und theoretischen Grundlagen für die Durchführung der Datenakquisition bzw –interpretation in Hinsicht auf 2D und 3D Röntgenbildgebung im Real- und reziproken Raum erlangen. Dazu gehören mikroskopische Absorptions - und (nicht-)interferometrische Phasenkontrastbildgebung, diffraktionsverstärkte Beugung, und Streumethoden. Die Vorlesung stellt Verbindungen zu routinemäßigen Anwendungen dieser Methoden in den Lebenswissenschaften und der Festkörperforschung an ANKA her auch mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit, um das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
Die angebotenen Übungen sind als Leistungsnachweis erforderlich. Die Übungen beinhalten die betreuten Durchführung eines aus drei möglichen Experimenten an modernsten Röntgengeräten der Synchrotronstrahlungsanlage ANKA am KIT CN

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102323 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102846 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102847 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, Chemiker und Werkstoffwissenschaftler und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Computertomographie, Röntgenmikroskopie, -beugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (Synchrotronspeicherringe, Freie Elektronenlaser).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie, den Nanowissenschaften und den Lebenswissenschaften.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung, Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4028131 Vorlesung 2 SWS; Hofmann, Ralf, Baumbach, Tilo

4028134 Übung 2 SWS; Hofmann, Ralf

**Literatur**


- Jens Als-Nielsen, Des McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)
- D. M. Paganin, Coherent X-ray Optics, Oxford Science Publications
- U. Pietsch, V. Holy, T. Baumbach, High-resolution X-ray scattering, Springer NY (2004)

# M 3.139 Modul: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) [M-PHYS-102323]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104598 | Modern X-Ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) | 8 LP | Baumbach, Hofmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll die experimentellen und theoretischen Grundlagen für die Durchführung der Datenakquisition bzw –interpretation in Hinsicht auf 2D und 3D Röntgenbildgebung im Real- und reziproken Raum erlangen. Dazu gehören mikroskopische Absorptions - und (nicht-)interferometrische Phasenkontrastbildgebung, diffraktionsverstärkte Beugung, und Streumethoden. Die Vorlesung stellt Verbindungen zu routinemäßigen Anwendungen dieser Methoden in den Lebenswissenschaften und der Festkörperforschung an ANKA her auch mittels konkreter experimenteller Gruppenarbeit, um das in der Vorlesung gewonnene Wissen anzuwenden.

**Voraussetzungen**
Die angebotenen Übungen sind als Leistungsnachweis erforderlich. Die Übungen beinhalten die betreuten Durchführung eines aus drei möglichen Experimenten an modernsten Röntgengeräten der Synchrotronstrahlungsanlage ANKA am KIT CN

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102322 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102846 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102847 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung schlägt eine Brücke von den physikalischen Grundlagen zu modernen Röntgenmethoden für Physiker, Chemiker und Werkstoffwissenschaftler und gibt einen Überblick über wichtige gegenwärtige Anwendungsfelder:

- Theoretische und experimentelle Grundlagen zur Röntgenoptik und Röntgenanalytik, insbesondere Computertomographie, Röntgenmikroskopie, -beugung und -streuung.
- Moderne Instrumentierung im Röntgenlabor und an physikalischen Großgeräten (Synchrotronspeicherringe, Freie Elektronenlaser).
- Anwendungsbeispiele aus der Kristallographie, den Nanowissenschaften und den Lebenswissenschaften.

**Empfehlungen**
Grundlagen der klassischen Elektrodynamik, Optik und Basiswissen zur Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4028131 Vorlesung 2 SWS; Hofmann, Ralf, Baumbach, Tilo

4028134 Übung 2 SWS; Hofmann, Ralf

**Literatur**


- Jens Als-Nielsen, Des McMorrow: Elements of Modern X-Ray Physics, John Wiley & Sons, Ltd
- M. Born und E. Wolf; Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light, Cambridge University Press (2006, 7th edition)
- J. M. Cowley; Diffraction physics, Elsevier (1995)
- D. M. Paganin, Coherent X-ray Optics, Oxford Science Publications
- U. Pietsch, V. Holy, T. Baumbach, High-resolution X-ray scattering, Springer NY (2004)

# M 3.140 Modul: Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen [M-PHYS-102127]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102495 | Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen | 8 LP | Bernlochner, Quast |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können Grundlagen der statistischen Datenanalyse formulieren, moderne Methoden der Datenanalyse auf physikalische Probleme anwenden und Werkzeuge zur Datenanalyse nutzen und weiterentwickeln. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, den Einsatz statistischer Verfahren in Wissenschaft und Gesellschaft zu hinterfragen und zu bewerten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102125 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102126 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102128 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Monte-Carlo-Methoden, Parameterschätzung, numerische Optimierung, Faltung und Entfaltung, Hypothesentests, Vertrauensintervalle, multivariate Klassifizierung, Zeitreihenanalyse und Filterung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der statistischen Datenanalyse, wie sie z.B. in der Bachelorvorlesung Rechnernutzung in der Physik vermittelt werden, sind wünschenswert.

**Literatur**
G.Cowan: Statistical Data Analysis, Oxford University Press

G.Bohm, G.Zech: Einführung in Statistik und Messwertanalyse für Physiker, DESYeBook

V.Blobel, E.Lohrmann: Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse, DESYeBook

R.J.Barlow: Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, Wiley

S.Brandt: Datenanalyse, Spektrum

W.H.Press, S.A.Teukolsky, W.T.Vetterling, B.P.Fannery: Numerical Recipes, Cambridge University Press

T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, Springer

## M 3.141 Modul: Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102128]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102496 | Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Bernlochner, Quast |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können Grundlagen der statistischen Datenanalyse formulieren, moderne Methoden der Datenanalyse auf physikalische Probleme anwenden und Werkzeuge zur Datenanalyse nutzen und weiterentwickeln. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, den Einsatz statistischer Verfahren in Wissenschaft und Gesellschaft zu hinterfragen und zu bewerten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102125 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102126 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102127 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Monte-Carlo-Methoden, Parameterschätzung, numerische Optimierung, Faltung und Entfaltung, Hypothesentests, Vertrauensintervalle, multivariate Klassifizierung, Zeitreihenanalyse und Filterung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der statistischen Datenanalyse, wie sie z.B. in der Bachelorvorlesung Rechnernutzung in der Physik vermittelt werden, sind wünschenswert.

**Literatur**
G.Cowan: Statistical Data Analysis, Oxford University Press

G.Bohm, G.Zech: Einführung in Statistik und Messwertanalyse für Physiker, DESYeBook

V.Blobel, E.Lohrmann: Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse, DESYeBook

R.J.Barlow: Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, Wiley

S.Brandt: Datenanalyse, Spektrum

W.H.Press, S.A.Teukolsky, W.T.Vetterling, B.P.Fannery: Numerical Recipes, Cambridge University Press

T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, Springer

# M 3.142 Modul: Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102125]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102494 | Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen | 6 LP | Bernlochner, Quast |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können Grundlagen der statistischen Datenanalyse formulieren, moderne Methoden der Datenanalyse auf physikalische Probleme anwenden und Werkzeuge zur Datenanalyse nutzen und weiterentwickeln. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, den Einsatz statistischer Verfahren in Wissenschaft und Gesellschaft zu hinterfragen und zu bewerten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102126 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102127 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102128 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Monte-Carlo-Methoden, Parameterschätzung, numerische Optimierung, Faltung und Entfaltung, Hypothesentests, Vertrauensintervalle, multivariate Klassifizierung, Zeitreihenanalyse und Filterung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der statistischen Datenanalyse, wie sie z.B. in der Bachelorvorlesung Rechnernutzung in der Physik vermittelt werden, sind wünschenswert.

**Literatur**
G.Cowan: Statistical Data Analysis, Oxford University Press

G.Bohm, G.Zech: Einführung in Statistik und Messwertanalyse für Physiker, DESYeBook

V.Blobel, E.Lohrmann: Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse, DESYeBook

R.J.Barlow: Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, Wiley

S.Brandt: Datenanalyse, Spektrum

W.H.Press, S.A.Teukolsky, W.T.Vetterling, B.P.Fannery: Numerical Recipes, Cambridge University Press

T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, Springer

# M 3.143 Modul: Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102126]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102497 | Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Bernlochner, Quast |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können Grundlagen der statistischen Datenanalyse formulieren, moderne Methoden der Datenanalyse auf physikalische Probleme anwenden und Werkzeuge zur Datenanalyse nutzen und weiterentwickeln. Auf dieser Basis werden die Studierenden befähigt, den Einsatz statistischer Verfahren in Wissenschaft und Gesellschaft zu hinterfragen und zu bewerten.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102125 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102127 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102128 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Monte-Carlo-Methoden, Parameterschätzung, numerische Optimierung, Faltung und Entfaltung, Hypothesentests, Vertrauensintervalle, multivariate Klassifizierung, Zeitreihenanalyse und Filterung.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der statistischen Datenanalyse, wie sie z.B. in der Bachelorvorlesung Rechnernutzung in der Physik vermittelt werden, sind wünschenswert.

**Literatur**
G.Cowan: Statistical Data Analysis, Oxford University Press

G.Bohm, G.Zech: Einführung in Statistik und Messwertanalyse für Physiker, DESYeBook

V.Blobel, E.Lohrmann: Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse, DESYeBook

R.J.Barlow: Statistics: A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences, Wiley

S.Brandt: Datenanalyse, Spektrum

W.H.Press, S.A.Teukolsky, W.T.Vetterling, B.P.Fannery: Numerical Recipes, Cambridge University Press

T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, Springer

# M 3.144 Modul: Molekulare Elektronik [M-PHYS-104540]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109305 | Molekulare Elektronik | 6 LP | Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet des elektronischen Transports in molekularen Systemen, lernen grundlegende Konzepte des Ladungs-, Spin- und Wärmetransports in nanoskopischen Systemen, sowie deren Dynamik. Sie erwerben Kenntnisse zum Stand der Forschung und der Anwendung molekularer Elektronik.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104541 - Molekulare Elektronik (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Molekulare Bindung, molekulare Orbitale, Lokalisierung und Delokalisierung von Ladungsträgern, Adsorption und elektronische Wechselwirkung zwischen Molekülen und Leitern, Selbstenergie, Landauer-Büttiker Ladungstransport, Spintransport, Spin-Bahn Wechselwirkung, Kondo Effekt, Steven's Operatoren und Zero-Field-Splitting, Wärmetransport, Seebeck Effekt, Memrisors

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden)

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.145 Modul: Molekulare Elektronik (NF) [M-PHYS-104541]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109306 | Molekulare Elektronik (NF) | 6 LP | Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet des elektronischen Transports in molekularen Systemen, lernen grundlegende Konzepte des Ladungs-, Spin- und Wärmetransports in nanoskopischen Systemen, sowie deren Dynamik. Sie erwerben Kenntnisse zum Stand der Forschung und der Anwendung molekularer Elektronik.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104540 - Molekulare Elektronik darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Molekulare Bindung, molekulare Orbitale, Lokalisierung und Delokalisierung von Ladungsträgern, Adsorption und elektronische Wechselwirkung zwischen Molekülen und Leitern, Selbstenergie, Landauer-Büttiker Ladungstransport, Spintransport, Spin-Bahn Wechselwirkung, Kondo Effekt, Steven's Operatoren und Zero-Field-Splitting, Wärmetransport, Seebeck Effekt, Memrisors

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden)

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.146 Modul: Molekülspektroskopie [M-PHYS-102337]

**Verantwortung:** PD Dr. Andreas-Neil Unterreiner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-CHEMBIO-104639 | Molekülspektroskopie | 6 LP | Unterreiner |

**Voraussetzungen**
keine

# M 3.147 Modul: Monte Carlo Ereignisgeneratoren [M-PHYS-104860]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109892 | Monte Carlo Ereignisgeneratoren | 6 LP | Gieseke |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
An overview of the physics concepts that allow the simulation of collisions of highly energetic elementary particles at colliders. Approximations of perturbative Quantum Chromodynamics are discussed. Non-perturbative models of strong interactions will be used to explain the hadronization of particles that carry colour charge. The exercise-sessions will be partly used to discuss elements of the underlying Monte Carlo algorithms in terms of practical programming programming problems.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104861 - Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Monte Carlo Method
- Hard matrix elements from Feynman Diagrams
- Parton showers
- Hadronization
- Hadronic interactions in terms of multiple partonic interactions
- Higher order corrections

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in Teilchenphysik sind empfehlenswert

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Literatur**


- Ellis, Stirling, Webber, "QCD and Collider Physics", Cambridge UP.
- Dissertori, Knowles, Schmelling, "Quantum Chromodynamics", Oxford UP
- Campbell, Houston, Krauss, "The Black Book of Quantum Chromodynamics", Oxford UP.
- Field, "Applications of Perturbative Quantum Chromodynamics (Frontiers in Physics)"
- Buckley et.al., "General Purpose Event Generators for LHC Physics", Phys.Rept. 504 (2011) 145.
- Gieseke, "Simulation of Jets at Colliders", Prog.Part.Nucl.Phys. 72 (2013) 155.

# M 3.148 Modul: Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF) [M-PHYS-104861]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109893 | Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF) | 6 LP | Gieseke |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
An overview of the physics concepts that allow the simulation of collisions of highly energetic elementary particles at colliders. Approximations of perturbative Quantum Chromodynamics are discussed. Non-perturbative models of strong interactions will be used to explain the hadronization of particles that carry colour charge. The exercise-sessions will be partly used to discuss elements of the underlying Monte Carlo algorithms in terms of practical programming programming problems.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104860 - Monte Carlo Ereignisgeneratoren darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Monte Carlo Method
- Hard matrix elements from Feynman Diagrams
- Parton showers
- Hadronization
- Hadronic interactions in terms of multiple partonic interactions
- Higher order corrections

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in Teilchenphysik sind empfehlenswert

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden).

**Literatur**


- Ellis, Stirling, Webber, "QCD and Collider Physics", Cambridge UP.
- Dissertori, Knowles, Schmelling, "Quantum Chromodynamics", Oxford UP
- Campbell, Houston, Krauss, "The Black Book of Quantum Chromodynamics", Oxford UP.
- Field, "Applications of Perturbative Quantum Chromodynamics (Frontiers in Physics)"
- Buckley et.al., "General Purpose Event Generators for LHC Physics", Phys.Rept. 504 (2011) 145.
- Gieseke, "Simulation of Jets at Colliders", Prog.Part.Nucl.Phys. 72 (2013) 155.

# M 3.149 Modul: Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics [M-PHYS-103782]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-107626 | Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics | 4 LP | Wernsdorfer |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet des Nanomagnetismus und Quantenmagnetismus, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Spin-Systemen und deren Dynamik, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103783 - Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Nanomagnetismus, single magnetic particle measurement techniques, mechanisms of magnetization reversal, influence of temperature on the magnetization reversal, Neel-Brown model, spin Hamiltonians, spin-lattice relaxation, molecular magnetism, magnetization, reversal by quantum tunneling, Landau-Zener tunneling, quantum phase interference, semiclassical descriptions, quantum dots, molecular quantum spintronics, quantum spin chains, spin qubits, spin bath physics, environmental decoherence effects.

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden)

**Lehr- und Lernformen**
4021051Vorlesung, 2 SWS; W. Wernsdorfer

# M 3.150 Modul: Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF) [M-PHYS-103783]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-107627 | Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF) | 4 LP | Wernsdorfer |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet des Nanomagnetismus und Quantenmagnetismus, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Spin-Systemen und deren Dynamik, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103782 - Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Nanomagnetismus, single magnetic particle measurement techniques, mechanisms of magnetization reversal, influence of temperature on the magnetization reversal, Neel-Brown model, spin Hamiltonians, spin-lattice relaxation, molecular magnetism, magnetization, reversal by quantum tunneling, Landau-Zener tunneling, quantum phase interference, semiclassical descriptions, quantum dots, molecular quantum spintronics, quantum spin chains, spin qubits, spin bath physics, environmental decoherence effects.

**Empfehlungen**
Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Festkörperphysik

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden)

**Lehr- und Lernformen**
4021051 Vorlesung, 2 SWS; W. Wernsdorfer

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.151 Modul: Nanomaterials, mit Übungen [M-PHYS-105068]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Reisinger
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik) (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110285 | Nanomaterials, mit Übungen | 8 LP | Reisinger, Wernsdorfer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Qualifikationsziele**
The field of nanomaterials is a very active area of research driven by the need for novel materials with enhanced functional properties. Many of these have had and continue to have profound impact in technological applications. In this class the students will acquire an understanding of the various aspects of nanomaterials that lead to enhanced properties with an emphasis on nanoparticulate systems. The students will develop a clear knowledge of methods for the fabrication of nanomaterials, their properties (optical, magnetic and electrical) as well as some of their applications. In order to gain some insights to current research problems the tutorial will be organized as a journal club, with the students presenting and discussing selected research articles.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105069 - Nanomaterials, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-105071 - Nanomaterials, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to nanostructured materials with an emphasis on nanoparticle based systems (Reduced dimensionality, size effects on properties) the course will cover the following topics:

1. Synthesis of clusters, nanoparticles and nanocomposites (Free-jet expansion, Physical vapor deposition, chemical vapor deposition, selection of chemical routes).
2. Optical properties (Quantum dots, luminescence, plasmons, measurement techniques, applications),
3. Magnetic properties (Superparamagnetism, measurement techniques ,applications),
4. Transport properties (Superconductivity and magneto transport with an emphasis on granular systems),
5. Synthesis, properties and applications of nanowires and 2d materials

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- R.K. Goyal, Nanomaterials and nanocomposites : synthesis, properties, characterization techniques and applications, CRC Press 2018
- A.S. Edelstein (Ed.), Nanomaterials:Synthesis, properties, applications
- D. Vollath. Nanomaterials : An Introduction to Synthesis, Properties and Applications

# M 3.152 Modul: Nanomaterials, mit Übungen (NF) [M-PHYS-105069]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Reisinger
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110286 | Nanomaterials, mit Übungen (NF) | 8 LP | Reisinger, Wernsdorfer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Es müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
The field of nanomaterials is a very active area of research driven by the need for novel materials with enhanced functional properties. Many of these have had and continue to have profound impact in technological applications. In this class the students will acquire an understanding of the various aspects of nanomaterials that lead to enhanced properties with an emphasis on nanoparticulate systems. The students will develop a clear knowledge of methods for the fabrication of nanomaterials, their properties (optical, magnetic and electrical) as well as some of their applications. In order to gain some insights to current research problems the tutorial will be organized as a journal club, with the students presenting and discussing selected research articles.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105068 - Nanomaterials, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-105071 - Nanomaterials, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to nanostructured materials with an emphasis on nanoparticle based systems (Reduced dimensionality, size effects on properties) the course will cover the following topics:

1. Synthesis of clusters, nanoparticles and nanocomposites (Free-jet expansion, Physical vapor deposition, chemical vapor deposition, selection of chemical routes).
2. Optical properties (Quantum dots, luminescence, plasmons, measurement techniques, applications),
3. Magnetic properties (Superparamagnetism, measurement techniques ,applications),
4. Transport properties (Superconductivity and magneto transport with an emphasis on granular systems),
5. Synthesis, properties and applications of nanowires and 2d materials

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- R.K. Goyal, Nanomaterials and nanocomposites : synthesis, properties, characterization techniques and applications, CRC Press 2018
- A.S. Edelstein (Ed.), Nanomaterials:Synthesis, properties, applications
- D. Vollath. Nanomaterials : An Introduction to Synthesis, Properties and Applications

# M 3.153 Modul: Nanomaterials, ohne Übungen [M-PHYS-105071]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Reisinger
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik) (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110288 | Nanomaterials, ohne Übungen | 4 LP | Reisinger, Wernsdorfer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Qualifikationsziele**
The field of nanomaterials is a very active area of research driven by the need for novel materials with enhanced functional properties. Many of these have had and continue to have profound impact in technological applications. In this class the students will acquire an understanding of the various aspects of nanomaterials that lead to enhanced properties with an emphasis on nanoparticulate systems. The students will develop a clear knowledge of methods for the fabrication of nanomaterials, their properties (optical, magnetic and electrical) as well as some of their applications. In order to gain some insights to current research problems the tutorial will be organized as a journal club, with the students presenting and discussing selected research articles.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105068 - Nanomaterials, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-105069 - Nanomaterials, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to nanostructured materials with an emphasis on nanoparticle based systems (Reduced dimensionality, size effects on properties) the course will cover the following topics:

1. Synthesis of clusters, nanoparticles and nanocomposites (Free-jet expansion, Physical vapor deposition, chemical vapor deposition, selection of chemical routes).
2. Optical properties (Quantum dots, luminescence, plasmons, measurement techniques, applications),
3. Magnetic properties (Superparamagnetism, measurement techniques ,applications),
4. Transport properties (Superconductivity and magneto transport with an emphasis on granular systems),
5. Synthesis, properties and applications of nanowires and 2d materials

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden).

**Literatur**


- R.K. Goyal, Nanomaterials and nanocomposites : synthesis, properties, characterization techniques and applications, CRC Press 2018
- A.S. Edelstein (Ed.), Nanomaterials:Synthesis, properties, applications
- D. Vollath. Nanomaterials : An Introduction to Synthesis, Properties and Applications

# M 3.154 Modul: Nano-Optics [M-PHYS-102146]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102282 | Nano-Optics | 8 LP | Naber |

**Qualifikationsziele**
The students

- improve their understanding of general principles in electrodynamics and optics
- have a deeper understanding of the theoretical background in optical imaging and its relation to phenomena on a nanoscale
- are familiar with conventional techniques in optical microscopy and make use of their knowledge for the understanding of nano-optical methods
- realize the necessity of completely new experimental concepts to overcome the constraints of classical microscopy in the exploration of optical phenomena beyond the diffraction limit
- understand the basics of different experimental approaches for optical imaging on a nanoscale
- are able to discuss pros and cons of these techniques for applications in different fields of physics and biology
- are aware of the importance of nano-optical methods for the elucidation of long-standing interdisciplinary issues

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102147 - Nano-Optics (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
The lecture gives an introduction to theory and instrumentation of advanced methods in optical microscopy. Emphasis is laid on far- and near-field optical techniques with an optical resolution capability on a 10- to 100-nm-scale which is well below the principal limit of classical microscopy. Applications from different scientific disciplines are discussed (e.g., nano-antennas, single-molecule detection, plasmon-polariton propagation on metal surfaces, imaging of biological cell compartments including membranes).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in Optik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Lehr- und Lernformen**
4020021 Vorlesung 3 SWS

4020022 Übung 1 SWS

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.155 Modul: Nano-Optics (NF) [M-PHYS-102147]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102360 | Nano-Optics (NF) | 8 LP | Naber |

**Qualifikationsziele**
The students

- improve their understanding of general principles in electrodynamics and optics
- have a deeper understanding of the theoretical background in optical imaging and its relation to phenomena on a nanoscale
- are familiar with conventional techniques in optical microscopy and make use of their knowledge for the understanding of nano-optical methods
- realize the necessity of completely new experimental concepts to overcome the constraints of classical microscopy in the exploration of optical phenomena beyond the diffraction limit
- understand the basics of different experimental approaches for optical imaging on a nanoscale
- are able to discuss pros and cons of these techniques for applications in different fields of physics and biology
- are aware of the importance of nano-optical methods for the elucidation of long-standing interdisciplinary issues

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102146 - Nano-Optics darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
The lecture gives an introduction to theory and instrumentation of advanced methods in optical microscopy. Emphasis is laid on far- and near-field optical techniques with an optical resolution capability on a 10- to 100-nm-scale which is well below the principal limit of classical microscopy. Applications from different scientific disciplines are discussed (e.g., nano-antennas, single-molecule detection, plasmon-polariton propagation on metal surfaces, imaging of biological cell compartments including membranes).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in Optik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Lehr- und Lernformen**
4020021 Vorlesung 3 SWS

4020022 Übung 1 SWS

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.156 Modul: Naturgefahren und Risiken [M-PHYS-101833]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 4 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103525 | Geological Hazards and Risk | 8 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Active and regular attendance of lecture and practicals. Project work (graded).

**Qualifikationsziele**
The students understand basic concepts of hazard and risk. They can explain in detail different aspects of earthquake hazard, volcanic hazard as well as other geological hazards, can compare and evaluate those hazards. The have fundamental knowledge of risk reduction and risk management. They know methods of risk modelling and are able to apply them.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Project work will be graded.

**Voraussetzungen**
none

**Inhalt**

- Earthquake Hazards
  - Short introduction to seismology and seismometry (occurrence of tectonic earthquakes, types of seismic waves, magnitude, intensity, source physics)
  - Induced seismicity
  - Engineering seismology, Recurrence intervals, Gutenberg-Richter, PGA, PGV, spectral acceleration, hazard maps
  - Earthquake statistics
  - Liquefaction
- Tsunami Hazards
- Landslide Hazards
- Hazards from Sinkholes
- Volcanic Hazards
  - Short introduction to physical volcanology
  - Types of volcanic hazards
- The Concept of Risk, Damage and Loss
- Data Analysis and the use of GIS in Risk analysis
- Risk Modelling - Scenario Analysis
- Risk Reduction and Risk Management
- Analysis Feedback and Prospects in the Risk Modelling Industry

**Arbeitsaufwand**

- 60 h: active attendance during lectures and exercises
- 90 h: review, preparation and weekly assignments
- 90 h: project work

**Lehr- und Lernformen**
4060121 Geological Hazards and Risk (V2)
4060122 Übungen zu Geological Hazards and Risk (Ü2)

**Literatur**
Literature will be provided by the lecturer.

# M 3.157 Modul: Neutrinophysik - Theoretische Aspekte [M-PHYS-102192]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Astroteilchenphysik (Wahl Experimentelle Astroteilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 3 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104514 | Neutrinophysik - theoretische Aspekte | 8 LP | Schwetz-Mangold |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen in die Grundbegriffe der Neutrinophysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie mit den aktuellen Entwicklungen dieses Feldes vertraut gemacht werden. Anhand der Neutrinophysik erwerben Studierende fächerübergreifende Kenntnisse in Teilchenphysik und Astroteilchenphysik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102330 - Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung behandelt verschiedene Aspekte der Neutrinophysik in Elementarteilchenphysik, Astroteilchenphysik und Kosmologie. Themen wie Neutrinooszillationen, Seesaw-Mechanismus, Neutrinomassen und Physik jenseits des Standardmodels, Neutrinomassen und LHC-Physik, Leptogenese und sterile Neutrinos werden behandelt. Konzepte wie Majoranateilchen und Leptonzahlverletzung werden eingeführt und verschiedene theoretische Modelle für Neutrinomassen werden diskutiert.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik werden vorausgesetzt. Kenntnisse fundamentaler Konzepte der Elementarteilchenphysik oder Quantenfeldtheorie sind empfehlenswert, werden aber auch kurz in der Vorlesung eingeführt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden)

**Lehr- und Lernformen**
4022091 Vorlesung 2 SWS; T. Schwetz-Mangold

4022092 Übung 1 SWS; T. Schwetz-Mangold, S. Vogl

**Literatur**
- C. Giunti and C. Kim, Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics

- Kai Zuber, Neutrino Physics

weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben

# M 3.158 Modul: Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF) [M-PHYS-102330]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Astroteilchenphysik
Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 3 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104637 | Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF) | 8 LP | Schwetz-Mangold |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen in die Grundbegriffe der Neutrinophysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie mit den aktuellen Entwicklungen dieses Feldes vertraut gemacht werden. Anhand der Neutrinophysik erwerben Studierende fächerübergreifende Kenntnisse in Teilchenphysik und Astroteilchenphysik.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102192 - Neutrinophysik - Theoretische Aspekte darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Die Vorlesung behandelt verschiedene Aspekte der Neutrinophysik in Elementarteilchenphysik, Astroteilchenphysik und Kosmologie. Themen wie Neutrinooszillationen, Seesaw-Mechanismus, Neutrinomassen und Physik jenseits des Standardmodels, Neutrinomassen und LHC-Physik, Leptogenese und sterile Neutrinos werden behandelt. Konzepte wie Majoranateilchen und Leptonzahlverletzung werden eingeführt und verschiedene theoretische Modelle für Neutrinomassen werden diskutiert.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik werden vorausgesetzt. Kenntnisse fundamentaler Konzepte der Elementarteilchenphysik oder Quantenfeldtheorie sind empfehlenswert, werden aber auch kurz in der Vorlesung eingeführt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135 Stunden)

**Lehr- und Lernformen**
4022091 Vorlesung 2 SWS; T. Schwetz-Mangold

4022092 Übung 1 SWS; T. Schwetz-Mangold, S. Vogl

**Literatur**
- C. Giunti and C. Kim, Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics

- Kai Zuber, Neutrino Physics

weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben

# M 3.159 Modul: Nonlinear Optics [M-ETIT-100430]

**Verantwortung:** Prof. Dr.-Ing. Christian Koos
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-ETIT-101906 | Nonlinear Optics | 6 LP | Koos |

**Erfolgskontrolle(n)**
The oral exam is offered continuously upon individual appointment.

**Qualifikationsziele**
The students

- understand and can mathematically describe the effect of basic nonlinear-optical phenomena using optical susceptibility tensors,
- understand and can mathematically describe wave propagation in nonlinear anisotropic materials,
- have an overview and can quantitatively describe common second-order nonlinear effects comprising the electro-optic effect, second-harmonic generation, sum- and difference frequency generation, parametric amplification and optical rectification,
- have an overview and can quantitatively describe the Kerr effect and other common third-order nonlinear effects, comprising self- and cross-phase modulation, four-wave mixing, self-focussing, and third-harmonic generation,
- have an overview and can describe nonlinear-optical interaction in active devices such as semiconductor optical amplifiers
- conceive the basic principles of various phase-matching techniques and can apply them to practical design problems,
- conceive the basic principles electro-optic modulators, can apply them to practical design problems, and have an overview on state-of-the art devices,
- conceive the basic principles third-order nonlinear signal processing and can apply them to practical design problems.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**

1. The nonlinear optical susceptibility: Maxwell´s equations and constitutive relations, relation between electric field and polarization, formal definition and properties of the nonlinear optical susceptibility tensor,
2. Wave propagation in nonlinear anisotropic materials
3. Second-order nonlinear effects and devices: Linear electro-optic effect / Pockels effect, second-harmonic generation, sum- and difference-frequency generation, phase matching, parametric amplification, optical rectification
4. Third-order nonlinear effects and devices: Nonlinear refractive index and Kerr effect, self- and cross-phase modulation, four-wave mixing, self-focussing, third-harmonic generation
5. Nonlinear effects in active optical devices

**Arbeitsaufwand**
Approx. 150 h - 30 h lecture, 15 h exercises, 75 h homework and self-studies.

# M 3.160 Modul: Oberflächenphysik, mit Übungen [M-PHYS-102134]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102512 | Oberflächenphysik, mit Übungen | 10 LP | Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Oberflächenphysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie die Konzepte und Messmethoden der Oberflächenphysik verstehen und anwenden lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme der Oberflächenphysik in Gruppen lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102133 - Oberflächenphysik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102135 - Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102136 - Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
In der Vorlesung Oberflächenphysik wird die Festkörperphysik an Oberflächen und Grenzflächen sowie die physikalische Chemie an Oberflächen besprochen. Beginnen mit der zweidimensionalen Raumgruppe wird die Struktur von Oberflächen besprochen sowie Effekte, die durch die Symmetriebrechung an Ober- und Grenzflächen entstehen. Weiterhin wird das Schichtwachstum und die Modifikation des Schichtwachstums mittels verschiedener Techniken behandelt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit der elektronischen Struktur von zweidimensionalen Systemen und Nanostrukturen sowie den experimentellen Techniken der Oberflächenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225 Stunden).

**Literatur**


- K. Oura, V.G. Lifshits, A.A. Saranin, A.V. Zotov, M. Katayama, Surface Science: An Introduction, Springer
- H. Ibach, Physics of Surfaces and Interfaces, Springer

# M 3.161 Modul: Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102136]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102510 | Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) | 10 LP | Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Oberflächenphysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie die Konzepte und Messmethoden der Oberflächenphysik verstehen und anwenden lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme der Oberflächenphysik in Gruppen lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102133 - Oberflächenphysik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102134 - Oberflächenphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102135 - Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
In der Vorlesung Oberflächenphysik wird die Festkörperphysik an Oberflächen und Grenzflächen sowie die physikalische Chemie an Oberflächen besprochen. Beginnen mit der zweidimensionalen Raumgruppe wird die Struktur von Oberflächen besprochen sowie Effekte, die durch die Symmetriebrechung an Ober- und Grenzflächen entstehen. Weiterhin wird das Schichtwachstum und die Modifikation des Schichtwachstums mittels verschiedener Techniken behandelt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit der elektronischen Struktur von zweidimensionalen Systemen und Nanostrukturen sowie den experimentellen Techniken der Oberflächenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (75 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (225 Stunden).

**Literatur**


- K. Oura, V.G. Lifshits, A.A. Saranin, A.V. Zotov, M. Katayama, Surface Science: An Introduction, Springer
- H. Ibach, Physics of Surfaces and Interfaces, Springer

# M 3.162 Modul: Oberflächenphysik, ohne Übungen [M-PHYS-102133]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102513 | Oberflächenphysik, ohne Übungen | 8 LP | Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Oberflächenphysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie die Konzepte und Messmethoden der Oberflächenphysik verstehen und anwenden lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme der Oberflächenphysik in Gruppen lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102134 - Oberflächenphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102135 - Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102136 - Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
In der Vorlesung Oberflächenphysik wird die Festkörperphysik an Oberflächen und Grenzflächen sowie die physikalische Chemie an Oberflächen besprochen. Beginnen mit der zweidimensionalen Raumgruppe wird die Struktur von Oberflächen besprochen sowie Effekte, die durch die Symmetriebrechung an Ober- und Grenzflächen entstehen. Weiterhin wird das Schichtwachstum und die Modifikation des Schichtwachstums mittels verschiedener Techniken behandelt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit der elektronischen Struktur von zweidimensionalen Systemen und Nanostrukturen sowie den experimentellen Techniken der Oberflächenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- K. Oura, V.G. Lifshits, A.A. Saranin, A.V. Zotov, M. Katayama, Surface Science: An Introduction, Springer
- H. Ibach, Physics of Surfaces and Interfaces, Springer

# M 3.163 Modul: Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-102135]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102511 | Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) | 8 LP | Wulfhekel |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Oberflächenphysik eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen lernen sowie die Konzepte und Messmethoden der Oberflächenphysik verstehen und anwenden lernen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme der Oberflächenphysik in Gruppen lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102133 - Oberflächenphysik, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102134 - Oberflächenphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102136 - Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
In der Vorlesung Oberflächenphysik wird die Festkörperphysik an Oberflächen und Grenzflächen sowie die physikalische Chemie an Oberflächen besprochen. Beginnen mit der zweidimensionalen Raumgruppe wird die Struktur von Oberflächen besprochen sowie Effekte, die durch die Symmetriebrechung an Ober- und Grenzflächen entstehen. Weiterhin wird das Schichtwachstum und die Modifikation des Schichtwachstums mittels verschiedener Techniken behandelt. Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit der elektronischen Struktur von zweidimensionalen Systemen und Nanostrukturen sowie den experimentellen Techniken der Oberflächenphysik.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- K. Oura, V.G. Lifshits, A.A. Saranin, A.V. Zotov, M. Katayama, Surface Science: An Introduction, Springer
- H. Ibach, Physics of Surfaces and Interfaces, Springer

# M 3.164 Modul: Photovoltaik [M-ETIT-100513]

**Verantwortung:** Prof. Dr.-Ing. Michael Powalla
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-ETIT-101939 | Photovoltaik | 6 LP | Powalla |

**Erfolgskontrolle(n)**
Die Erfolgskontrolle erfolgt in Form einer schriftlichen Prüfung. Die Modulnote ist die Note dieser schriftlichen Prüfung.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Modulnote ist die Note der schriftlichen Prüfung.

**Voraussetzungen**
"M-ETIT-100524 - Solar Energy" darf nicht begonnen sein.

**Arbeitsaufwand**
1. Präsenzzeit in Vorlesungen
2. Vor-/Nachbereitung derselben
3. Klausurvorbereitung und Präsenz in selbiger

# M 3.165 Modul: Physik der Lithosphäre, benotet [M-PHYS-101960]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103574 | Physik der Lithosphäre, Studienleistung | 2 LP | Gottschämmer |
| T-PHYS-103678 | Physik der Lithosphäre, Prüfung | 1 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Die Modulnote wird durch die Note der Erfolgskontrolle anderer Art bestimmt. Benotet werden Übungsblätter (25%), Vortrag (25%) und Bericht (50%).

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen den Aufbau und die physikalischen Eigenschaften der Lithosphäre und verstehen die unterschiedlichen Definitionen zur Lage der Lithosphären-Asthenosphären-Grenze. Sie verfügen über grundlegendes Wissen im Bereich der Gesteinsphysik, speziell über die mathematischen und physikalischen Gesetze der Spannungen in Gesteinen und können diese auf unbekannte Problemstellungen anwenden. Sie verstehen die physikalischen Konzepte von Elastizität, Biegesteifigkeit und Wärmefluss der Lithosphäre und können einfache Berechnungen mit gesteinsphysikalischen Parametern durchführen. Die Studierenden können ihre Ergebnisse analysieren und interpretieren.

Die Studierenden kennen physikalische Untersuchungsmöglichkeiten der Lithosphäre, insbesondere jene, welche an der Kontinentalen Tiefbohrung durchgeführt wurden. Sie können lithosphärische Gesteine im Gelände beschreiben, erkennen, einordnen und deren Entstehungsgeschichte erläutern. Sie reflektieren die neuen Kenntnisse kritisch und ordnen sie in einen größeren Zusammenhang ein.

Die Studierenden sind in der Lage, selbstorganisiert und lösungsorientiert an einer vorgegebenen konkreten Fragestellung aus dem Bereich der physikalischen Untersuchungsmethoden der Lithosphäre zu arbeiten und Fachliteratur zu verstehen. Sie können die Fragestellung überblicken, analysieren, interpretieren und bewerten. Sie sind in der Lage, fachbezogen zu argumentieren und über die Inhalte mit Kommilitonen zu diskutieren und ihren eigenen Standpunkt zu vertreten. Ebenso können sie den Standpunkt der anderen kritisch hinterfragen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Die Modulnote wird durch die Note der Erfolgskontrolle anderer Art bestimmt. Benotet werden Übungsblätter (25%), Vortrag (25%) und Bericht (50%).

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101875 - Physik der Lithosphäre, unbenotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Aufbau und physikalische Eigenschaften der Lithosphäre
- Abgrenzung der Lithosphäre: Definitionen
- Gesteinsphysik
- Spannungen im Gestein
- Elastizität und Biegesteifigkeit
- Wärmefluss
- Physikalische Untersuchungsmethoden der Lithosphäre

**Arbeitsaufwand**
90 h teilen sich auf in

- 15 h Vorlesung und Übungen am GPI
- 5 h Nachbereitung der Vorleusng und Übugen am GPI
- 18 h Vorlesung und Übungen im Gelände (In-Situ)
- 15 h Bearbeitung der Übungsblätter
- 25 h Vorbereitung des Vortrags
- 12 h Erstellen eines Berichts

# M 3.166 Modul: Physik der Lithosphäre, unbenotet [M-PHYS-101875]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-103574 | Physik der Lithosphäre, Studienleistung | 2 LP | Gottschämmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Studienleistung (unbenotet). Zum Bestehen der Studienleistung müssen erfolgreich Übungsblätter bearbeitet werden sowie ein schriftlicher Bericht eingereicht werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen den Aufbau und die physikalischen Eigenschaften der Lithosphäre und verstehen die unterschiedlichen Definitionen zur Lage der Lithosphären-Asthenosphären-Grenze. Sie verfügen über grundlegendes Wissen im Bereich der Gesteinsphysik, speziell über die mathematischen und physikalischen Gesetze der Spannungen in Gesteinen und können diese auf unbekannte Problemstellungen anwenden. Sie verstehen die physikalischen Konzepte von Elastizität, Biegesteifigkeit und Wärmefluss der Lithosphäre und können einfache Berechnungen mit gesteinsphysikalischen Parametern durchführen. Die Studierenden können ihre Ergebnisse analysieren und interpretieren.

Die Studierenden kennen physikalische Untersuchungsmöglichkeiten der Lithosphäre, insbesondere jene, welche an der Kontinentalen Tiefbohrung durchgeführt wurden. Sie können lithosphärische Gesteine im Gelände beschreiben, erkennen, einordnen und deren Entstehungsgeschichte erläutern. Sie reflektieren die neuen Kenntnisse kritisch und ordnen sie in einen größeren Zusammenhang ein. Ebenso können sie den Standpunkt anderer kritisch hinterfragen und über fachspezifische Probleme diskutieren.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Studienleistung (unbenotet). Zum Bestehen der Studienleistung müssen erfolgreich Übungsblätter bearbeitet werden sowie ein schriftlicher Bericht eingereicht werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-101960 - Physik der Lithosphäre, benotet darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Aufbau und physikalische Eigenschaften der Lithosphäre
- Abgrenzung der Lithosphäre: Definitionen
- Gesteinsphysik
- Spannungen im Gestein
- Elastizität und Biegesteifigkeit
- Wärmefluss
- Physikalische Untersuchungsmethoden der Lithosphäre

**Arbeitsaufwand**
60 h teilen sich auf in

- 15 h Vorlesung und Übungen am GPI
- 18 h Vorlesung und Übungen im Gelände (In-Situ)
- 15 h Bearbeitung der Übungsblätter
- 12 h Erstellen eines Berichts

# M 3.167 Modul: Physik der Quanteninformation [M-PHYS-104866]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109898 | Physik der Quanteninformation | 6 LP | Shnirman |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt-oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Erlangen von Wissen über die Grundlagen der Quanteninformation, Quantenalgorithmen und Quantensimulationen; Vertiefung des physikalischen Verständnisses der Quantenmechanik, insbesondere der Konzepte von Kohärenz, De-Kohärenz (Dissipation), Messprozess, Verschränkung.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104867 - Physik der Quanteninformation (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
I. THEORIE DES QUANTENCOMPUTINGS
1. Grundlagen (Qubits, Register, Gates, Rabi-Oszillationen, Einfache Algorithmen)
2. Quantenalgorithmen, Quantensimulationen
2. Adiabatische Prozesse (Landau-Zehner Übergänge, Berry Phase, Holonomies)
3. Offene Quantensysteme (Dichte-Operator, Dekoherränz), Quanten-Messungen
4. Quantenfehlerkorrektur
II. EINIGE PHYSIKALISCHE REALISIERUNGEN
1. Quantenoptik, Kalte Ionen
2. Josephson-Qubits (Josephson Effekt, Makroskopisches Quantentunneln, Dissipation, Caldeira-Leggett Modell, Verschiedene Qubits)
3. Topologisches Quantencomputing / Majorana Quasiteilchen

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in der Quantenmechanik I und II werden vorausgesetzt; Vorkenntnisse aus der Statistischen Physik und TKM I sind nützlich.

**Literatur**

- M. A. Nielsen and I. L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information"
- H.-P. Breuer and F. Petruccione, "The theory of open quantum systems"
- G. Chen et al., "Quantum Computing Devices: Principles, Designs, and Analysis"

# M 3.168 Modul: Physik der Quanteninformation (NF) [M-PHYS-104867]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109900 | Physik der Quanteninformation (NF) | 6 LP | Shnirman |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt-oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Erlangen von Wissen über die Grundlagen der Quanteninformation, Quantenalgorithmen und Quantensimulationen; Vertiefung des physikalischen Verständnisses der Quantenmechanik, insbesondere der Konzepte von Kohärenz, De-Kohärenz (Dissipation), Messprozess, Verschränkung.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104866 - Physik der Quanteninformation darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
I. THEORIE DES QUANTENCOMPUTINGS
1. Grundlagen (Qubits, Register, Gates, Rabi-Oszillationen, Einfache Algorithmen)
2. Quantenalgorithmen, Quantensimulationen
2. Adiabatische Prozesse (Landau-Zehner Übergänge, Berry Phase, Holonomies)
3. Offene Quantensysteme (Dichte-Operator, Dekoherränz), Quanten-Messungen
4. Quantenfehlerkorrektur
II. EINIGE PHYSIKALISCHE REALISIERUNGEN
1. Quantenoptik, Kalte Ionen
2. Josephson-Qubits (Josephson Effekt, Makroskopisches Quantentunneln, Dissipation, Caldeira-Leggett Modell, Verschiedene Qubits)
3. Topologisches Quantencomputing / Majorana Quasiteilchen

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in der Quantenmechanik I und II werden vorausgesetzt; Vorkenntnisse aus der Statistischen Physik und TKM I sind nützlich.

**Literatur**

- M. A. Nielsen and I. L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information"
- H.-P. Breuer and F. Petruccione, "The theory of open quantum systems"
- G. Chen et al., "Quantum Computing Devices: Principles, Designs, and Analysis"

# M 3.169 Modul: Physik seismischer Messinstrumente [M-PHYS-102358]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Forbriger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104727 | Physik seismischer Messinstrumente | 6 LP | Forbriger |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the oral exam (approx. 45 minutes) must be passed. As prerequisite a student must successfully participate the corresponding exercise classes. Successful participation is based on exceeding a certain percentage of the combined total number of points awarded, as applicable, for exercise sheets, other homework (such as, for instance, reports) and written tests held as part of the exercises. The percentage threshold is communicated to students at the beginning of the course and documented in Ilias.

**Qualifikationsziele**
The students understand the causes and consequences of different physical excitation mechanisms for inertial seismometers. They can explain essential considerations for installation and shielding. The students understand the concept of frequency response and are able to express a transfer function in terms of poles and zeroes. They can apply these concepts to sensors with electrodynamic transducers. The students can explain the significance of linearity. They are able to quantitatively infer the physical input signal from the recording of a seismic instrument. The stundents are able to use the concepts of bandwidth and dynamic range when expressing properties of signals and instruments. The students know means to express noise levels and to estimate instrumental self-noise. They can explain measures to increase the sensitivity and can explain the essential principles of modern force-balance feedback seismometers.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102653 - Physik seismischer Messinstrumente (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- The mechanical sensor and the driven harmonic oscillator
- Various driving forces and wanted and unwanted sensitivity
- Installation and shielding
- The seismometer with electrodynamic transducer, effective gain, and damping due to passive electrodynamic feedback
- The frequency response, transfer function, poles and zeroes, non-linearity
- Seismic signals, bandwidth, dynamic range, and noise floor
- The force-balance feedback seismometer, displacement transducer, phase sensitive rectifier, controller, and the role of open-loop gain
- Effective transfer function of the velocity broad-band seismometer

**Empfehlungen**
A sound knowledge of the theory of ordinary differential equations and integral transformations (Fourier transformation) is expected. Basic skills in pratical signal processing using elementary computer programming techniques are needed in the exercises. A basic understanding of seismic waves in the Earth is helpful.

**Literatur**

- Bormann, P., (ed.), 2012. New Manual of Seismological Observatory Practice. 2nd edition. GeoForschungsZentrum Potsdam. DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2. http://dx.doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2. Chapters 4 and 5 in particular.

Further recommendations will be given during the course.

# M 3.170 Modul: Physik seismischer Messinstrumente (NF) [M-PHYS-102653]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Forbriger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105567 | Physik seismischer Messinstrumente (NF) | 6 LP | Forbriger |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, a student must successfully participate the corresponding exercise classes. Successful participation is based on exceeding a certain percentage of the combined total number of points awarded, as applicable, for exercise sheets, other homework (such as, for instance, reports) and written tests held as part of the exercises. The percentage threshold is communicated to students at the beginning of the course and documented in Ilias.

**Qualifikationsziele**
The students understand the causes and consequences of different physical excitation mechanisms for inertial seismometers. They can explain essential considerations for installation and shielding. The students understand the concept of frequency response and are able to express a transfer function in terms of poles and zeroes. They can apply these concepts to sensors with electrodynamic transducers. The students can explain the significance of linearity. They are able to quantitatively infer the physical input signal from the recording of a seismic instrument. The stundents are able to use the concepts of bandwidth and dynamic range when expressing properties of signals and instruments. The students know means to express noise levels and to estimate instrumental self-noise. They can explain measures to increase the sensitivity and can explain the essential principles of modern force-balance feedback seismometers.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102358 - Physik seismischer Messinstrumente darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- The mechanical sensor and the driven harmonic oscillator
- Various driving forces and wanted and unwanted sensitivity
- Installation and shielding
- The seismometer with electrodynamic transducer, effective gain, and damping due to passive electrodynamic feedback
- The frequency response, transfer function, poles and zeroes, non-linearity
- Seismic signals, bandwidth, dynamic range, and noise floor
- The force-balance feedback seismometer, displacement transducer, phase sensitive rectifier, controller, and the role of open-loop gain
- Effective transfer function of the velocity broad-band seismometer

**Empfehlungen**
A sound knowledge of the theory of ordinary differential equations and integral transformations (Fourier transformation) is expected. Basic skills in pratical signal processing using elementary computer programming techniques are needed in the exercises. A basic understanding of seismic waves in the Earth is helpful.

**Literatur**

- Bormann, P., (ed.), 2012. New Manual of Seismological Observatory Practice. 2nd edition. GeoForschungsZentrum Potsdam. DOI: 10.2312/GFZ.NMSOP-2. http://dx.doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2. Chapters 4 and 5 in particular.

Further recommendations will be given during the course.

# M 3.171 Modul: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum [M-PHYS-101395]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
Dr. Christoph Sürgers
Dr. Joachim Wolf

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Semester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102479 | Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum | 6 LP | Naber, Sürgers, Wolf |

**Erfolgskontrolle(n)**
Die Leistungsnachweise müssen für jeden einzelnen Versuch erbracht werden. Dazu zählen Vorbereitung, Durchführung, Auswertung und Anfertigen eines Protokolls. Zum Bestehen des Praktikums ist es erforderlich, dass alle Versuche durchgeführt und die Protokolle von den jeweiligen Betreuern anerkannt werden. Für Details siehe http://www.physik.kit.edu/Studium/F-Praktika/ .

**Qualifikationsziele**
Erlernen moderner experimenteller Methoden und Techniken sowie Vermittlung fortgeschrittener Fähigkeiten bei Versuchsaufbau, Messung und Auswertung.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**
Versuche aus den Bereichen Atomphysik, Kernphysik, Festkörperphysik, Biophysik und Moderner Optik / Quantenoptik. Eine Liste der Versuche ist unter unter http://www.physik.kit.edu/Studium/F-Praktika/ zu finden

**Anmerkungen**
Verpflichtende Teilnahme an Vorbesprechung mit Sicherheitsunterweisung und Strahlenschutzbelehrung.

**Arbeitsaufwand**
5 Versuche, 180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Vorbereitung, Auswertung der Versuche und Anfertigen der Protokolle (120).

**Literatur**
Lehrbücher der Experimentalphysik. Spezielles Material für jeden einzelnen Versuch wird bereitgestellt.

# M 3.172 Modul: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 1 TL [M-PHYS-102091]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

| Leistungspunkte | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|
| 8 | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104384 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 1 TL, 8 LP ben | 8 LP | |

**Voraussetzungen**
keine

## M 3.173 Modul: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TLen [M-PHYS-103129]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

| Leistungspunkte | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|
| 8 | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106221 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TL, 4 LP ben | 4 LP | |
| T-PHYS-106222 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TL, 4 LP ben | 4 LP | |

**Voraussetzungen**
keine

## M 3.174 Modul: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TLen [M-PHYS-103130]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

| Leistungspunkte | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|
| 8 | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106223 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 3 LP ben | 3 LP | |
| T-PHYS-106224 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 3 LP ben | 3 LP | |
| T-PHYS-106225 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 2 LP ben | 2 LP | |

**Voraussetzungen**
keine

## M 3.175 Modul: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TLen [M-PHYS-103131]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach

| Leistungspunkte | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|
| 8 | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106226 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben | 2 LP | |
| T-PHYS-106227 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben | 2 LP | |
| T-PHYS-106228 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben | 2 LP | |
| T-PHYS-106229 | Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben | 2 LP | |

**Voraussetzungen**
keine

# M 3.176 Modul: Precision Tests of the Standard Model at low Energies [M-PHYS-104873]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109909 | Precision Tests of the Standard Model at low Energies | 4 LP | Melnikov |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Multiple concepts and methods of Quantum Field Theory are needed to make sense of low-energy precision experiments. The goal of these lectures is to show how abstract knowledge from Quantum Field Theory classes can be used to understand Nature.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**
Precision tests of the Standard Model at low energies allow us to explore physics of elementary particles in a way that is complementary to collider physics. The interpretation of these experimental results is always difficult. In this lecture, it will be discussed how this is done by considering a few examples, such as muon and electron anomalous magnetic moments, parity violating electron scattering, muon decay, atomic parity violation experiments etc.

**Empfehlungen**
Gute Kenntnisse auf dem Gebiet der Quantenfeldtheorie, mindestens auf dem Level von TTP I.

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden)

**Literatur**


- K. Melnikov, A. Vainshtein, Theory of the muon anomalous magnetic moment, Springer Tracts Mod.Phys. 216 (2006);
- F. Jegerlehner, A.~Nyffeler, Muon g-2, Phys. Rept. 477 (2009) 1;
- M.J. Ramsey-Musolf, S. Su, Low-energy Precision Tests of Supersymmetry, Phys.Rept. 456 (2008) 1;

# M 3.177 Modul: QCD und Colliderphysik, mit Übungen [M-PHYS-103326]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106670 | QCD und Colliderphysik, mit Übungen | 8 LP | Melnikov, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Interesting physics at the LHC (e.g. the Higgs boson discovery) requires good understanding and control of strong interactions. The goal of these lectures is to provide a comprehensive introduction to the use of Quantum Chromodynamic for the description of hadron collisions.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103327 - QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Parton model: Parton densities and cross sections for hadron colliders, collider kinematics
2. QCD as a quantum field theory, path integral formulation of quantum field theories, application to QCD, Faddeev Popov ghost fields, running coupling
3. Calculation of cross sections for important collider processes
4. Infrared and collinear divergences (physical meaning, parton splitting, cancellation, jets)
5. Theory of parton showers (multiple emissions, Sudakov form factors, ordered emission)

**Empfehlungen**
Working knowledge of Quantum Field Theory, at least at the level of TTP I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- R.K. Ellis, J. Stirling, B. Webber, QCD and Collider Physics, Cambridge University Press (1996)
- G. Dissertori, I. G. Knowles, and M. Schmelling, QCD: High Energy Experiments and Theory, Oxford, UK: Clarendon (2003)
- Lewis H. Ryder, Quantum Field Theory, Cambridge University Press

# M 3.178 Modul: QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF) [M-PHYS-103327]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106671 | QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF) | 8 LP | Melnikov, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Interesting physics at the LHC (e.g. the Higgs boson discovery) requires good understanding and control of strong interactions. The goal of these lectures is to provide a comprehensive introduction to the use of Quantum Chromodynamic for the description of hadron collisions.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103326 - QCD und Colliderphysik, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

1. Parton model: Parton densities and cross sections for hadron colliders, collider kinematics
2. QCD as a quantum field theory, path integral formulation of quantum field theories, application to QCD, Faddeev Popov ghost fields, running coupling
3. Calculation of cross sections for important collider processes
4. Infrared and collinear divergences (physical meaning, parton splitting, cancellation, jets)
5. Theory of parton showers (multiple emissions, Sudakov form factors, ordered emission)

**Empfehlungen**
Working knowledge of Quantum Field Theory, at least at the level of TTP I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- R.K. Ellis, J. Stirling, B. Webber, QCD and Collider Physics, Cambridge University Press (1996)
- G. Dissertori, I. G. Knowles, and M. Schmelling, QCD: High Energy Experiments and Theory, Oxford, UK: Clarendon (2003)
- Lewis H. Ryder, Quantum Field Theory, Cambridge University Press

# M 3.179 Modul: Quantenoptik auf der Nanoskala [M-PHYS-103325]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106669 | Quantenoptik auf der Nanoskala | 4 LP | Hunger |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet der Quanten- und Nanooptik, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Lichtfeldern und Licht-Materie wechselwirkung kennen, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103330 - Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Licht-Materie Wechselwirkung
- Mikro- und nanooptische Elemente
- Dipolemission in strukturierten Umgebungen
- Quantenkohärente Licht-Materiewechselwirkung
- Quantenemitter im Festkörper
- Optische Auslese und Manipulation einzelner Spins

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Atomphysik

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden)

**Literatur**

- Principles of Nano-Optics, Novotny, Hecht, Cambridge University Press
- Quantum Optics, M. Scully, M. Suhail Zubairy, Cambridge University Press
- Fundamentals of Photonics, Saleh,Teich

# M 3.180 Modul: Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) [M-PHYS-103330]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106675 | Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) | 4 LP | Hunger |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet der Quanten- und Nanooptik, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Lichtfeldern und Licht-Materie wechselwirkung kennen, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103325 - Quantenoptik auf der Nanoskala darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Licht-Materie Wechselwirkung
- Mikro- und nanooptische Elemente
- Dipolemission in strukturierten Umgebungen
- Quantenkohärente Licht-Materiewechselwirkung
- Quantenemitter im Festkörper
- Optische Auslese und Manipulation einzelner Spins

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus, Quantenmechanik, Atomphysik

**Arbeitsaufwand**
120 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (30 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (90 Stunden)

**Literatur**

- Principles of Nano-Optics, Novotny, Hecht, Cambridge University Press
- Quantum Optics, M. Scully, M. Suhail Zubairy, Cambridge University Press
- Fundamentals of Photonics, Saleh,Teich

# M 3.181 Modul: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen [M-PHYS-104092]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108478 | Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen | 8 LP | Hunger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet der Quanten- und Nanooptik, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Lichtfeldern und Licht-Materie Wechselwirkung kennen, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung. Die Übung ist als "Journal Club" konzipiert, in dem ausgewählte Forschungsarbeiten von den Studierenden vorgestellt werden.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103330 - Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103325 - Quantenoptik auf der Nanoskala darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104093 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-104094 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-104095 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Quantenoptik
- Mikro- und nanooptische Elemente
- Dipolemission in strukturierten Umgebungen
- Quantenemitter im Festkörper
- Optische Auslese und Manipulation einzelner Spins
- Spin-Photon Schnittstellen

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus und klassischer Optik, Quantenmechanik, Atomphysik; Kenntnisse in Quantenoptik sind von Vorteil aber nicht verpflichtend.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- Principles of Nano-Optics, Novotny, Hecht, Cambridge University Press
- Quantum Optics, M. Scully, M. Suhail Zubairy, Cambridge University Press
- Fundamentals of Photonics, Saleh,Teich
- wissenschaftliche Artikel (werden verteilt)

# M 3.182 Modul: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) [M-PHYS-104093]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108479 | Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) | 8 LP | Hunger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet der Quanten- und Nanooptik, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Lichtfeldern und Licht-Materie Wechselwirkung kennen, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung. Die Übung ist als "Journal Club" konzipiert, in dem ausgewählte Forschungsarbeiten von den Studierenden vorgestellt werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103330 - Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104092 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104094 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-104095 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-103325 - Quantenoptik auf der Nanoskala darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Quantenoptik
- Mikro- und nanooptische Elemente
- Dipolemission in strukturierten Umgebungen
- Quantenemitter im Festkörper
- Optische Auslese und Manipulation einzelner Spins
- Spin-Photon Schnittstellen

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus und klassischer Optik, Quantenmechanik, Atomphysik; Kenntnisse in Quantenoptik sind von Vorteil aber nicht verpflichtend.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**

- Principles of Nano-Optics, Novotny, Hecht, Cambridge University Press
- Quantum Optics, M. Scully, M. Suhail Zubairy, Cambridge University Press
- Fundamentals of Photonics, Saleh,Teich
- wissenschaftliche Artikel (werden verteilt)

# M 3.183 Modul: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen [M-PHYS-104094]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108480 | Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen | 6 LP | Hunger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet der Quanten- und Nanooptik, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Lichtfeldern und Licht-Materie Wechselwirkung kennen, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103330 - Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103325 - Quantenoptik auf der Nanoskala darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104092 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-104093 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-104095 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Quantenoptik
- Mikro- und nanooptische Elemente
- Dipolemission in strukturierten Umgebungen
- Quantenemitter im Festkörper
- Optische Auslese und Manipulation einzelner Spins
- Spin-Photon Schnittstellen

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus und klassischer Optik, Quantenmechanik, Atomphysik; Kenntnisse in Quantenoptik sind von Vorteil aber nicht verpflichtend.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (135 Stunden).

**Literatur**


- Principles of Nano-Optics, Novotny, Hecht, Cambridge University Press
- Quantum Optics, M. Scully, M. Suhail Zubairy, Cambridge University Press
- Fundamentals of Photonics, Saleh,Teich
- wissenschaftliche Artikel (werden verteilt)

# M 3.184 Modul: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-104095]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108481 | Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) | 6 LP | Hunger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erarbeiten Wissen auf dem Gebiet der Quanten- und Nanooptik, lernen grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Lichtfeldern und Licht-Materie Wechselwirkung kennen, und erlangen Einblick in den aktuellen Stand der Forschung.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103330 - Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103325 - Quantenoptik auf der Nanoskala darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104092 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-104093 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-104094 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Grundlagen der Quantenoptik
- Mikro- und nanooptische Elemente
- Dipolemission in strukturierten Umgebungen
- Quantenemitter im Festkörper
- Optische Auslese und Manipulation einzelner Spins
- Spin-Photon Schnittstellen

**Empfehlungen**
Grundlegende Kenntnisse in klassischem Elektromagnetismus und klassischer Optik, Quantenmechanik, Atomphysik; Kenntnisse in Quantenoptik sind von Vorteil aber nicht verpflichtend.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (135 Stunden).

**Literatur**

- Principles of Nano-Optics, Novotny, Hecht, Cambridge University Press
- Quantum Optics, M. Scully, M. Suhail Zubairy, Cambridge University Press
- Fundamentals of Photonics, Saleh,Teich
- wissenschaftliche Artikel (werden verteilt)

# M 3.185 Modul: Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices [M-PHYS-103092]

**Verantwortung:** Dr. Ioan Pop
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106134 | Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices | 8 LP | Pop, Ustinov |

**Qualifikationsziele**
Following the first demonstration of a coherent superconducting circuit, almost 20 years ago, the field of quantum information processing using superconducting quantum bits has witnessed an exponential growth. The current performances suggest that within a horizon of a few years, superconducting quantum machines could outperform even the best classical machines for a few types of particularly hard tasks. During this class, the students will acquire a basic understanding of the principles of quantum information processing and the functioning of computers based on quantum bits (qubits), with an emphasis on experimental implementations using superconducting circuits and cavities. The supporting problem sets will cover in detail a broad set of calculations, from derivations of basic results, to solving practical problems one could encounter in a research laboratory.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103176 - Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to the concepts of quantum information processing, we will present an overview of different experimental implementations. We will then focus on the quantization of superconducting circuits and the functioning of different types of superconducting qubits. We will discuss sources of loss and dephasing, and we will mention several strategies to increase the coherence of superconducting qubits. During the last few lectures, we will focus on advanced topics such as circuit quantum electro-dynamics (cQED) and quantum optics in the microwave domain.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4021021 Vorlesung 2 SWS; A.V. Ustinov; I. Pop

4021022 Übungen 2 SWS; A.V. Ustinov; I. Pop

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.186 Modul: Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF) [M-PHYS-103176]

**Verantwortung:** Dr. Ioan Pop
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106310 | Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF) | 8 LP | Pop, Ustinov |

**Qualifikationsziele**
Following the first demonstration of a coherent superconducting circuit, almost 20 years ago, the field of quantum information processing using superconducting quantum bits has witnessed an exponential growth. The current performances suggest that within a horizon of a few years, superconducting quantum machines could outperform even the best classical machines for a few types of particularly hard tasks. During this class, the students will acquire a basic understanding of the principles of quantum information processing and the functioning of computers based on quantum bits (qubits), with an emphasis on experimental implementations using superconducting circuits and cavities. The supporting problem sets will cover in detail a broad set of calculations, from derivations of basic results, to solving practical problems one could encounter in a research laboratory.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103092 - Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to the concepts of quantum information processing, we will present an overview of different experimental implementations. We will then focus on the quantization of superconducting circuits and the functioning of different types of superconducting qubits. We will discuss sources of loss and dephasing, and we will mention several strategies to increase the coherence of superconducting qubits. During the last few lectures, we will focus on advanced topics such as circuit quantum electro-dynamics (cQED) and quantum optics in the microwave domain.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Lehr- und Lernformen**
4021021 Vorlesung 2 SWS; A.V. Ustinov; I. Pop

4021022 Übungen 2 SWS; A.V. Ustinov; I. Pop

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.187 Modul: Quantum Physics in One Dimension [M-PHYS-104097]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108482 | Quantum Physics in One Dimension | 8 LP | Gornyi, Mirlin |

**Qualifikationsziele**
Deeper understanding of the condensed matter theory; gaining knowledge on most important phenomena and concepts in the physics of 1D quantum systems, as well as on the corresponding field-theoretical and computational approaches.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104098 - Quantum Physics in One Dimension (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Introduction
- Disorder in one dimension; Anderson localization; Field theory (sigma model); Interplay of disorderand electron-electron interactions in quasi-1D systems
- Bosonization approaches for interacting 1D electrons; Sine-Gordon model
- Non-equilibrium physics in 1D: Bosonization and kinetics
- Impurity problem and disorder in interacting 1D systems (Kane-Fisher theory; Giamarchi-Schulzrenormalization group; Many-body localization)
- Quantum-Hall edges
- Introduction to cold atoms in 1D (realizations and models)
- Numerical tools for interacting 1D systems; basics of DMRG.

**Empfehlungen**
Basic knowledge of solid state physics, quantum mechanics, and statistical physics is assumed. It is recommended to take this course after the course Theorie der Kondensierten Materie I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung(180)

**Lehr- und Lernformen**
4024131 Vorlesung, 3 SWS; I. Gornyi, A. Mirlin, E. Doggen

4024132 Übungen, 1SWS; I. Gornyi, A. Mirlin, E. Doggen

**Literatur**

- T. Giamarchi, Quantum Physics in One Dimension
- A.O. Gogolin, A.A. Nersesyan, A.M. Tsvelik, Bosonization and Strongly Correlated Systems
- X.-G. Wen, Quantum Field Theory of Many-body Systems

# M 3.188 Modul: Quantum Physics in One Dimension (NF) [M-PHYS-104098]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108483 | Quantum Physics in One Dimension (NF) | 8 LP | Gornyi, Mirlin |

**Qualifikationsziele**
Deeper understanding of the condensed matter theory; gaining knowledge on most important phenomena and concepts in the physics of 1D quantum systems, as well as on the corresponding field-theoretical and computational approaches.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104097 - Quantum Physics in One Dimension darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Introduction
- Disorder in one dimension; Anderson localization; Field theory (sigma model); Interplay of disorderand electron-electron interactions in quasi-1D systems
- Bosonization approaches for interacting 1D electrons; Sine-Gordon model
- Non-equilibrium physics in 1D: Bosonization and kinetics
- Impurity problem and disorder in interacting 1D systems (Kane-Fisher theory; Giamarchi-Schulzrenormalization group; Many-body localization)
- Quantum-Hall edges
- Introduction to cold atoms in 1D (realizations and models)
- Numerical tools for interacting 1D systems; basics of DMRG

**Empfehlungen**
Basic knowledge of solid state physics, quantum mechanics, and statistical physics is assumed. It is recommended to take this course after the course Theorie der Kondensierten Materie I.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung(180)

**Lehr- und Lernformen**
4024131 Vorlesung, 3 SWS; I. Gornyi, A. Mirlin, E. Doggen

4024132 Übungen, 1SWS; I. Gornyi, A. Mirlin, E. Doggen

**Literatur**

- T. Giamarchi, Quantum Physics in One Dimension
- A.O. Gogolin, A.A. Nersesyan, A.M. Tsvelik, Bosonization and Strongly Correlated Systems
- X.-G. Wen, Quantum Field Theory of Many-body Systems

# M 3.189 Modul: Reflexionsseismisches Processing [M-PHYS-102364]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104735 | Reflexionsseismisches Processing | 8 LP | Bohlen |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the oral exam (approx. 45 minutes) must be passed. As prerequisite a student must successfully participate the corresponding exercise classes. Successful participation is based on exceeding a certain percentage of the combined total number of points awarded, as applicable, for exercise sheets, other homework (such as, for instance, reports) and written tests held as part of the exercises. The percentage threshold is communicated to students at the beginning of the course and documented in Ilias.

**Qualifikationsziele**
The students know the fundamental concepts of seismic acquisition, processing and imaging in reflection seismics. They can correctly name equipment, tools and processes and effectively communicate with specialists in the field of seismics. Students understand the various steps involved in seismic processing/imaging, their underlying theory and how they affect the data. They are able to apply the concepts and equations to simple exemplary seismic data.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102654 - Reflexionsseismisches Processing (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Overview of seismic methods and wave propagation basics
- Essential signal processing concepts and tools
- Seismic acquisition, sources and receivers, marine and land
- Geometries and traveltimes, NMO and DMO
- Processing steps: from data loading to denoise and demultiple
- Velocity analysis, NMO correction, stacking, SNR
- Imaging: basic concepts, time and depth migration, migration methods
- Seismic resolution
- Optional: advanced acquisition, processing and imaging technologies

**Empfehlungen**
Experience with Matlab, the Linux commandline, and shell scripts is beneficial. Knowledge of fundamental signal processing theory is essential.

**Literatur**


- Öz Yilmaz, "Seismic Data Analysis", 2001, Society of Exploration Geophysicists.
- Luc Ikelle and Lasse Amundsen, "Introduction to Petroleum Seismology", 2005, Society of Exploration Geophysicists.
- Jon Claerbout, "Fundamentals of geophysical data processing", 1976, McGraw-Hill.
- Etienne Robein, "Seismic Imaging: A Review of the Techniques, their Principles, Merits and Limitations", 2010, European Association of Geoscientists and Engineers.

# M 3.190 Modul: Reflexionsseismisches Processing (NF) [M-PHYS-102654]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105568 | Reflexionsseismisches Processing (NF) | 8 LP | Bohlen |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, a student must successfully participate the corresponding exercise classes. Successful participation is based on exceeding a certain percentage of the combined total number of points awarded, as applicable, for exercise sheets, other homework (such as, for instance, reports) and written tests held as part of the exercises. The percentage threshold is communicated to students at the beginning of the course and documented in Ilias.

**Qualifikationsziele**
The students know the fundamental concepts of seismic acquisition, processing and imaging in reflection seismics. They can correctly name equipment, tools and processes and effectively communicate with specialists in the field of seismics. Students understand the various steps involved in seismic processing/imaging, their underlying theory and how they affect the data. They are able to apply the concepts and equations to simple exemplary seismic data.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102364 - Reflexionsseismisches Processing darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Overview of seismic methods and wave propagation basics
- Essential signal processing concepts and tools
- Seismic acquisition, sources and receivers, marine and land
- Geometries and traveltimes, NMO and DMO
- Processing steps: from data loading to denoise and demultiple
- Velocity analysis, NMO correction, stacking, SNR
- Imaging: basic concepts, time and depth migration, migration methods
- Seismic resolution
- Optional: advanced acquisition, processing and imaging technologies

**Empfehlungen**
Experience with Matlab, the Linux commandline, and shell scripts is beneficial. Knowledge of fundamental signal processing theory is essential.

**Literatur**


- Öz Yilmaz, "Seismic Data Analysis", 2001, Society of Exploration Geophysicists.
- Luc Ikelle and Lasse Amundsen, "Introduction to Petroleum Seismology", 2005, Society of Exploration Geophysicists.
- Jon Claerbout, "Fundamentals of geophysical data processing", 1976, McGraw-Hill.
- Etienne Robein, "Seismic Imaging: A Review of the Techniques, their Principles, Merits and Limitations", 2010, European Association of Geoscientists and Engineers.

# M 3.191 Modul: Seismic Data Processing with final report (graded) [M-PHYS-104186]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Dr. Thomas Hertweck
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108656 | Seismic Data Processing, final report (graded) | 4 LP | Bohlen, Hertweck |
| T-PHYS-108686 | Seismic Data Processing, coursework | 2 LP | Bohlen, Hertweck |

**Erfolgskontrolle(n)**
Students have to participate the lecture/exercise on a regular basis and give a final presentation about their processing results (2 ECTS points). Students who would like to get the full 6 ECTS points also need to prepare and hand in a seismic data processing report. The report will determine the final grade (if applicable).

**Qualifikationsziele**
The students have hands-on experience applying typical seismic processing and imaging techniques to reflection seismic field data. In this way, they understand the reflection seismic method and have practical skills in data analysis and problem solving which are beneficial in their professional life later on, not only in exploration. Students can set up a basic processing and imaging flow, understand the individual processing steps and their purpose, and describe the influence of important parameters on processing results. They are able to identify data shortcomings and imaging challenges and develop basic solutions, analyze the success of individual processing/imaging steps, and critically assess the overall quality of their work. Finally, students are able to present their processing results in oral and written form.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The report will determine the final grade.

**Voraussetzungen**
None

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104188 - Seismic Data Processing with final report (ungraded) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Field data loading, quality control, trace edits and geometry setup
- Spectral analysis, filter application, geometrical spreading correction
- Deconvolution, zero-phasing
- Denoising using various approaches
- Multiple identification and removal (SRME, Radon)
- CMP sort, velocity analysis, NMO correction, mute and stack
- Time migration (prestack and poststack)
- Post-migration processing
- Basic interpretation (in cooperation with KIT-AGW)
- Optional: depth velocity model building and depth migration

**Empfehlungen**
No explicit requirements. However, basic knowledge of the reflection seismic method and general computer skills are essential. This course does not require any programming skills.

**Anmerkungen**
A commercial data processing software is used during this course.

**Lehr- und Lernformen**
4060321 Th.Bohlen, Th. Hertweck (V1)
4060322 Th.Bohlen, Th. Hertweck (Ü2)

**Literatur**


- Öz Yilmaz, "Seismic Data Analysis", 2001, Society of Exploration Geophysicists.
- Luc Ikelle and Lasse Amundsen, "Introduction to Petroleum Seismology", 2005, Society of Exploration Geophysicists.
- Robert Sheriff and Lloyd Geldart, "Exploration Seismology", 1995, Cambridge University Press.

# M 3.192 Modul: Seismic Data Processing with final report (ungraded) [M-PHYS-104188]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Dr. Thomas Hertweck
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108657 | Seismic Data Processing, final report (ungraded) | 4 LP | Bohlen, Hertweck |
| T-PHYS-108686 | Seismic Data Processing, coursework | 2 LP | Bohlen, Hertweck |

**Erfolgskontrolle(n)**
Students have to participate the lecture/exercise on a regular basis and give a final presentation about their processing results (2 ECTS points). Students who would like to get the full 6 ECTS points also need to prepare and hand in a seismic data processing report. The report will determine the final grade (if applicable).

**Qualifikationsziele**
The students have hands-on experience applying typical seismic processing and imaging techniques to reflection seismic field data. In this way, they understand the reflection seismic method and have practical skills in data analysis and problem solving which are beneficial in their professional life later on, not only in exploration. Students can set up a basic processing and imaging flow, understand the individual processing steps and their purpose, and describe the influence of important parameters on processing results. They are able to identify data shortcomings and imaging challenges and develop basic solutions, analyze the success of individual processing/imaging steps, and critically assess the overall quality of their work. Finally, students are able to present their processing results in oral and written form.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The coursework is not graded.

**Voraussetzungen**
None

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104186 - Seismic Data Processing with final report (graded) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Field data loading, quality control, trace edits and geometry setup
- Spectral analysis, filter application, geometrical spreading correction
- Deconvolution, zero-phasing
- Denoising using various approaches
- Multiple identification and removal (SRME, Radon)
- CMP sort, velocity analysis, NMO correction, mute and stack
- Time migration (prestack and poststack)
- Post-migration processing
- Basic interpretation (in cooperation with KIT-AGW)
- Optional: depth velocity model building and depth migration

**Empfehlungen**
No explicit requirements. However, basic knowledge of the reflection seismic method and general computer skills are essential. This course does not require any programming skills.

**Anmerkungen**
A commercial data processing software is used during this course.

**Lehr- und Lernformen**
4060321 Th.Bohlen, Th. Hertweck (V1)
4060322 Th.Bohlen, Th. Hertweck (Ü2)

**Literatur**


- Öz Yilmaz, "Seismic Data Analysis", 2001, Society of Exploration Geophysicists.
- Luc Ikelle and Lasse Amundsen, "Introduction to Petroleum Seismology", 2005, Society of Exploration Geophysicists.
- Robert Sheriff and Lloyd Geldart, "Exploration Seismology", 1995, Cambridge University Press.

# M 3.193 Modul: Seismology [M-PHYS-105225]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Andreas Rietbrock
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110603 | Seismology | 8 LP | Rietbrock |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the oral exam (approx. 45 minutes) must be passed. As prerequisites the examinations of other type must be passed, based on successful participation of the exercises. Successful participation is based on exceeding a certain percentage of the combined total number of points awarded, as applicable, for exercise sheets, other homework (such as, for instance, reports) and written tests held as part of the exercises. The percentage threshold is communicated to students at the beginning of the course and documented in Ilias.

**Qualifikationsziele**
The students understand the fundamental concepts of seismology and the earthquake rupture process. They have a knowledge of seismogram interpretation, fundamentals of seismic wave propagation and the representations of the earthquake source. Students are able to apply their knowledge to observed data to gain an insight into the Earth structure and the earthquake source.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The grade of the module results from grade of the oral exam.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105226 - Seismology (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- History of seismology
- Elasticity and seismic waves
- Body waves and surface waves
- Seismogram interpretation
- Earthquake location
- Determination of Earth structure
- Seismic sources
- Seismic moment tensor
- Earthquake kinematics and dynamics
- Seismotectonics

**Empfehlungen**
A sound knowledge of the fundamentals in Geophysics. Basic skills in programming and Python to solve exercises.

**Lehr- und Lernformen**
V2 Ü2, 4 SWS, 8 ECTS

**Literatur**

- Peter M. Shearer, "Introduction to Seismology", Cambridge Uniersity Press.
- Thorne Lay and Terry C. Wallace, "Modern Global Seismology", Academic Press.
- Seth Stein and Michael Wysession, "An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure", Blackwell Publishing.

# M 3.194 Modul: Seismology (NF) [M-PHYS-105226]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Andreas Rietbrock
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110604 | Seismology (NF) | 8 LP | Rietbrock |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the examinations of other type must be passed, based on successful participation of the exercises. Successful participation is based on exceeding a certain percentage of the combined total number of points awarded, as applicable, for exercise sheets, other homework (such as, for instance, reports) and written tests held as part of the exercises. The percentage threshold is communicated to students at the beginning of the course and documented in Ilias.

**Qualifikationsziele**
The students understand the fundamental concepts of seismology and the earthquake rupture process. They have a knowledge of seismogram interpretation, fundamentals of seismic wave propagation and the representations of the earthquake source. Students are able to apply their knowledge to observed data to gain an insight into the Earth structure and the earthquake source.

**Zusammensetzung der Modulnote**
The grade of the module results from grade of the oral exam.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-105225 - Seismology darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- History of seismology
- Elasticity and seismic waves
- Body waves and surface waves
- Seismogram interpretation
- Earthquake location
- Determination of Earth structure
- Seismic sources
- Seismic moment tensor
- Earthquake kinematics and dynamics
- Seismotectonics

**Empfehlungen**
A sound knowledge of the fundamentals in Geophysics. Basic skills in programming and Python to solve exercises.

**Lehr- und Lernformen**
V2 Ü2, 4 SWS, 8 ECTS

**Literatur**

- Peter M. Shearer, "Introduction to Seismology", Cambridge Uniersity Press.
- Thorne Lay and Terry C. Wallace, "Modern Global Seismology", Academic Press.
- Seth Stein and Michael Wysession, "An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure", Blackwell Publishing.

# M 3.195 Modul: Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded) [M-PHYS-104578]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Peter Knippertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Meteorologie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Semester | 2 Semester | Englisch | 4 | 2 |

**Wahlinformationen**
Elective Subjects: Events worth at least 8 CP must be attended. 1V= 2 CP, 1Ü= 2 CP

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Pflichtbestandteile** | | | |
| T-PHYS-109379 | Success Control on Selected Topics in Meteorology (Minor) | 8 LP | Knippertz |
| **Wahlpflichtblock: Elective Subjects (mindestens 1 Bestandteil)** | | | |
| T-PHYS-107692 | Seminar on IPCC Assessment Report | 0 LP | Ginete Werner Pinto, Hoose, Ludwig |
| T-PHYS-107693 | Tropical Meteorology | 0 LP | Knippertz |
| T-PHYS-107694 | Cloud Physics | 0 LP | Hoose |
| T-PHYS-107695 | Energetics | 0 LP | Fink |
| T-PHYS-107696 | Atmospheric Radiation | 0 LP | Höpfner |
| T-PHYS-108610 | Turbulent Diffusion | 0 LP | Kunz |
| T-PHYS-108928 | Climate Modeling & Dynamics with ICON | 0 LP | Ginete Werner Pinto, Voigt |
| T-PHYS-108931 | Middle Atmosphere in the Climate System | 0 LP | Höpfner, Sinnhuber |
| T-PHYS-108932 | Ocean-Atmosphere Interactions | 0 LP | Fink |
| T-PHYS-108938 | Atmospheric Aerosols | 0 LP | Möhler |
| T-PHYS-109133 | Remote Sensing of Atmospheric State Variables | 0 LP | Orphal, Sinnhuber |
| T-PHYS-109139 | Advanced Numerical Weather Prediction | 0 LP | Knippertz |
| T-PHYS-109140 | Meteorological Hazards | 0 LP | Kunz |
| T-PHYS-109141 | Energy Meteorology | 0 LP | Emeis, Ginete Werner Pinto |
| T-PHYS-109142 | Methods of Data Analysis | 0 LP | Ginete Werner Pinto, Knippertz |
| T-PHYS-109177 | Physics of Planetary Atmospheres | 8 LP | Leisner |
| T-PHYS-109902 | Integrated Atmospheric Measurements | 0 LP | Kottmeier |

**Erfolgskontrolle(n)**
Coursework can be computer and modelling classes, exercise sheets or preparation of a presentation.
Credits will be awarded after passing all courseworks/exercises.

**Qualifikationsziele**
Depending on their choice students can

- explain essential aspects of application aspects of meteorology and assign them to specific application areas. They are capable to describe the functionality of a modern weather forecasting system in detail and can predict the potential for extreme events and their impact on the population and the insurance industry depending on the region and the season. The students are capable of using weather information to derive levels of air pollution and of yields of renewable energy. They can analyse meteorological data using statistical and computer-based methods.
- explain the functionality of modern meteorological measuring methods and measuring principles and name their possible uses. This is especially true for remote sensing, advanced in-situ, trace gas and aerosol measurements. The students can build and execute experiments in the lab or in the field according to instructions, to record and scientifically evaluate data and then interpret and present the results.
- explain essential components of the climate system and their physical properties as well as causes of climate change. Students can know systems for climate monitoring and understand how climate models work. The students can designate essential processes in the atmosphere and ocean, and explain them using physical and chemical laws. They can analyze and interpret climate and weather data based on diagnostic methods. In addition, they can expertly present and discuss learned or self-developed scientific findings.
- name essential processes in the atmosphere and explain these using physical and chemical laws. In particular, students are capable of explaining the structure and dynamics of different cloud systems and o**f** estimating the microphysical processes in clouds or calculating them directly for idealized conditions. In addition, the students are capable of mathematically evaluating the radiation transport in the atmosphere and of describing the importance of radiation processes for the structure of the atmosphere, for climate change and for the measurement of different atmospheric variables. They can also explain the chemical structure and the composition of the aerosols in the troposphere and the stratosphere based on atmospheric physico-chemical processes and transformations. The students can explain the chemical and physical causes of the stratospheric ozone hole and its future development, can describe and classify the main aerosol-cloud processes and are capable of reproducing the main points of the *Köhler theory* and the classical nucleation theory.

**Voraussetzungen**
Keine

**Inhalt**
This module aims to give students of other master programs an insight into various areas of meteorology:

- **Applications of meteorology** such as weather forecasting (T-PHYS-109139) and warning (T-PHYS-109140), insurance and energy industry (T-PHYS-109141), data analysis (T-PHYS-109142) and air quality (T-PHYS-108610).
- **Experimental modern measurement methods** in meteorology such as satellite remote sensing (T-PHYS-109133) and integrated atmospheric measurements including radar and laser techniques (T-PHYS-109902).
- **Components of the climate system** such as the tropics (T-PHYS-107693), the ocean (T-PHYS-108932) and the middle atmosphere (T-PHYS-8931) and their physical and chemical backgrounds as well as modelling their temporal and spatial changes with ICON (T-PHYS-108928) and analysing general climate dynamics and changes (T-PHYS-107692).
- Physical and chemical **processes in the atmopshere** such as cloud physics (T-PHYS-107694), radiation (T-PHYS-107696), aerosols (T-PHYS-8938) and a**tmospheric** energetics (T-PHYS-107695).
- Formation and properties of **planets and their atmospheres** in our solar system applying fundamental principles of physics.

**Empfehlungen**
Basic knowledge in Physics, Physical Chemistry and Fluid Dynamics at BSc level

**Arbeitsaufwand**
Presence time in lectures, exercises and preparation of exercises: 240 hours

# M 3.196 Modul: Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded) [M-PHYS-104577]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Peter Knippertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Meteorologie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Jedes Semester | 2 Semester | Englisch | 4 | 2 |

**Wahlinformationen**
Elective Subjects: Events worth at least 14 CP must be attended. 1 V = 2 CP, 1 Ü = 2 CP

| **Pflichtbestandteile** | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109380 | Exam on Selected Topics in Meteorology (Second Major) | 14 LP | Knippertz |
| **Wahlpflichtblock: Elective Subjects (mindestens 1 Bestandteil)** | | | |
| T-PHYS-107692 | Seminar on IPCC Assessment Report | 0 LP | Ginete Werner Pinto, Hoose, Ludwig |
| T-PHYS-107693 | Tropical Meteorology | 0 LP | Knippertz |
| T-PHYS-107694 | Cloud Physics | 0 LP | Hoose |
| T-PHYS-107695 | Energetics | 0 LP | Fink |
| T-PHYS-107696 | Atmospheric Radiation | 0 LP | Höpfner |
| T-PHYS-108610 | Turbulent Diffusion | 0 LP | Kunz |
| T-PHYS-108928 | Climate Modeling & Dynamics with ICON | 0 LP | Ginete Werner Pinto, Voigt |
| T-PHYS-108931 | Middle Atmosphere in the Climate System | 0 LP | Höpfner, Sinnhuber |
| T-PHYS-108932 | Ocean-Atmosphere Interactions | 0 LP | Fink |
| T-PHYS-108938 | Atmospheric Aerosols | 0 LP | Möhler |
| T-PHYS-109133 | Remote Sensing of Atmospheric State Variables | 0 LP | Orphal, Sinnhuber |
| T-PHYS-109139 | Advanced Numerical Weather Prediction | 0 LP | Knippertz |
| T-PHYS-109140 | Meteorological Hazards | 0 LP | Kunz |
| T-PHYS-109141 | Energy Meteorology | 0 LP | Emeis, Ginete Werner Pinto |
| T-PHYS-109142 | Methods of Data Analysis | 0 LP | Ginete Werner Pinto, Knippertz |
| T-PHYS-109177 | Physics of Planetary Atmospheres | 8 LP | Leisner |
| T-PHYS-109902 | Integrated Atmospheric Measurements | 0 LP | Kottmeier |

**Erfolgskontrolle(n)**
Coursework can be computer and modelling classes, exercise sheets or preparation of a presentation. Prerequisites worth at least 14 CP must be attended.

→ successful completion of the prerequisites entitles to exam

**(T-PHYS-109380) Exam on Selected Topics in Meteorology (Second Major):**

Oral exam (approx. 60 minutes) in accordance with § 4 (2) No. 2 SPO Physik Master

**Qualifikationsziele**
Depending on their choice students can

- explain essential aspects of application aspects of meteorology and assign them to specific application areas. They are capable to describe the functionality of a modern weather forecasting system in detail and can predict the potential for extreme events and their impact on the population and the insurance industry depending on the region and the season. The students are capable of using weather information to derive levels of air pollution and of yields of renewable energy. They can analyse meteorological data using statistical and computer-based methods.
- explain the functionality of modern meteorological measuring methods and measuring principles and name their possible uses. This is especially true for remote sensing, advanced in-situ, trace gas and aerosol measurements. The students can build and execute experiments in the lab or in the field according to instructions, to record and scientifically evaluate data and then interpret and present the results.
- explain essential components of the climate system and their physical properties as well as causes of climate change. Students can know systems for climate monitoring and understand how climate models work. The students can designate essential processes in the atmosphere and ocean, and explain them using physical and chemical laws. They can analyze and interpret climate and weather data based on diagnostic methods. In addition, they can expertly present and discuss learned or self-developed scientific findings.
- name essential processes in the atmosphere and explain these using physical and chemical laws. In particular, students are capable of explaining the structure and dynamics of different cloud systems and of estimating the microphysical processes in clouds or calculating them directly for idealized conditions. In addition, the students are capable of mathematically evaluating the radiation transport in the atmosphere and of describing the importance of radiation processes for the structure of the atmosphere, for climate change and for the measurement of different atmospheric variables. They can also explain the chemical structure and the composition of the aerosols in the troposphere and the stratosphere based on atmospheric physico-chemical processes and transformations. The students can explain the chemical and physical causes of the stratospheric ozone hole and its future development, can describe and classify the main aerosol-cloud processes and are capable of reproducing the main points of the *Köhler theory* and the classical nucleation theory.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Grade of he Oral Exam.

**Voraussetzungen**
Keine

**Inhalt**
This module aims to give students of other master programs an insight into various areas of meteorology:

- **Applications of meteorology** such as weather forecasting (T-PHYS-109139) and warning (T-PHYS-109140), insurance and energy industry (T-PHYS-109141), data analysis (T-PHYS-109142) and air quality (T-PHYS-108610).
- **Experimental modern measurement methods** in meteorology such as satellite remote sensing (T-PHYS-109133) and integrated atmospheric measurements including radar and laser techniques (T-PHYS-109902).
- **Components of the climate system** such as the tropics (T-PHYS-107693), the ocean (T-PHYS-108932) and the middle atmosphere (T-PHYS-8931) and their physical and chemical backgrounds as well as modelling their temporal and spatial changes with ICON (T-PHYS-108928) and analysing general climate dynamics and changes (T-PHYS-107692).
- Physical and chemical **processes in the atmopshere** such as cloud physics (T-PHYS-107694), radiation (T-PHYS-107696), aerosols (T-PHYS-8938) and atmospheric energetics (T-PHYS-107695).
- Formation and properties of **planets and their atmospheres** in our solar system applying fundamental principles of physics.

**Empfehlungen**
Basic knowledge in Physics, Physical Chemistry and Fluid Dynamics at BSc level

**Arbeitsaufwand**
Presence time in lectures, exercises and preparation of exercises: 240 hours

Exam Preparation: 180 hours

# M 3.197 Modul: Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar [M-PHYS-102553]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105131 | Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar | 8 LP | Schug, Wenzel |

**Qualifikationsziele**
Entwicklung und Erlangung von Wissen zur materialspezifischen Simulation nanoskaliger Systeme wie zB Nanoteilchen oder aus organischen Molekülen aufgebaute Festkörper, Entwicklung von Fähigkeiten zur Auswahl problemspezifischer Simulations- und Analysemethoden auf Fragestellungen der Nanotechnologie und Entwicklung von Nanomaterialien. Erwerb von Schlüsselfähigkeiten in der Nutzung von open-source Software zur Lösung von Simulationsproblemen in der Nanotechnologie, Entwicklung von Fähigkeiten der Autonomie, Problemlösung. Erlangung von Fähigkeiten in der Synthese der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren zur ganzheitlichen Beschreibung in der Simulation von Materialeigenschaften nanoskaliger Systeme.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103191 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102331 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103192 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Quantenmechanik von Vielteilchensystemen
- Methoden der Quantenchemie (LCAO, Hartree Fock, Dichtefunktionaltheorie, Elektronenkorrelationen)
- Anwendungen auf Moleküle
- Simulationsverfahren für klassische Vielteilchensysteme (Monte Carlo, Molekulardynamik)
- Anwendungen auf nanoskalige Systeme
- Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren)
- Modellierung des elektronischen Transports durch nanoskalige Systeme

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen; Abschlussarbeit mit Referat (60h)

**Lehr- und Lernformen**
4023121 Vorlesung 2 SWS; Wenzel

4023122 Übung 1 SWS; Wenzel, Schug

**Literatur**

- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Leach: Molecular Modeling

# M 3.198 Modul: Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) [M-PHYS-103192]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106325 | Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) | 8 LP | Wenzel |

**Qualifikationsziele**
Entwicklung und Erlangung von Wissen zur materialspezifischen Simulation nanoskaliger Systeme wie zB Nanoteilchen oder aus organischen Molekülen aufgebaute Festkörper, Entwicklung von Fähigkeiten zur Auswahl problemspezifischer Simulations- und Analysemethoden auf Fragestellungen der Nanotechnologie und Entwicklung von Nanomaterialien. Erwerb von Schlüsselfähigkeiten in der Nutzung von open-source Software zur Lösung von Simulationsproblemen in der Nanotechnologie, Entwicklung von Fähigkeiten der Autonomie, Problemlösung. Erlangung von Fähigkeiten in der Synthese der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren zur ganzheitlichen Beschreibung in der Simulation von Materialeigenschaften nanoskaliger Systeme.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103191 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102331 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102553 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Quantenmechanik von Vielteilchensystemen
- Methoden der Quantenchemie (LCAO, Hartree Fock, Dichtefunktionaltheorie, Elektronenkorrelationen)
- Anwendungen auf Moleküle
- Simulationsverfahren für klassische Vielteilchensysteme (Monte Carlo, Molekulardynamik)
- Anwendungen auf nanoskalige Systeme
- Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren)
- Modellierung des elektronischen Transports durch nanoskalige Systeme

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen; Abschlussarbeit mit Referat (60h)

**Lehr- und Lernformen**
4023121 Vorlesung 2 SWS; Wenzel

4023122 Übung 1 SWS; Wenzel, Schug

**Literatur**

- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Leach: Molecular Modeling

# M 3.199 Modul: Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar [M-PHYS-102331]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102504 | Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar | 6 LP | Schug, Wenzel |

**Qualifikationsziele**
Entwicklung und Erlangung von Wissen zur materialspezifischen Simulation nanoskaliger Systeme wie zB Nanoteilchen oder aus organischen Molekülen aufgebaute Festkörper, Entwicklung von Fähigkeiten zur Auswahl problemspezifischer Simulations- und Analysemethoden auf Fragestellungen der Nanotechnologie und Entwicklung von Nanomaterialien. Erwerb von Schlüsselfähigkeiten in der Nutzung von open-source Software zur Lösung von Simulationsproblemen in der Nanotechnologie, Entwicklung von Fähigkeiten der Autonomie, Problemlösung. Erlangung von Fähigkeiten in der Synthese der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren zur ganzheitlichen Beschreibung in der Simulation von Materialeigenschaften nanoskaliger Systeme.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102553 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103191 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103192 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Quantenmechanik von Vielteilchensystemen
- Methoden der Quantenchemie (LCAO, Hartree Fock, Dichtefunktionaltheorie, Elektronenkorrelationen)
- Anwendungen auf Moleküle
- Simulationsverfahren für klassische Vielteilchensysteme (Monte Carlo, Molekulardynamik)
- Anwendungen auf nanoskalige Systeme
- Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren)
- Modellierung des elektronischen Transports durch nanoskalige Systeme

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4023121 Vorlesung 2 SWS; Wenzel

4023122 Übung 1 SWS; Wenzel, Schug

**Literatur**

- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Leach: Molecular Modeling

# M 3.200 Modul: Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) [M-PHYS-103191]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106324 | Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) | 6 LP | Wenzel |

**Qualifikationsziele**
Entwicklung und Erlangung von Wissen zur materialspezifischen Simulation nanoskaliger Systeme wie zB Nanoteilchen oder aus organischen Molekülen aufgebaute Festkörper, Entwicklung von Fähigkeiten zur Auswahl problemspezifischer Simulations- und Analysemethoden auf Fragestellungen der Nanotechnologie und Entwicklung von Nanomaterialien. Erwerb von Schlüsselfähigkeiten in der Nutzung von open-source Software zur Lösung von Simulationsproblemen in der Nanotechnologie, Entwicklung von Fähigkeiten der Autonomie, Problemlösung. Erlangung von Fähigkeiten in der Synthese der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren zur ganzheitlichen Beschreibung in der Simulation von Materialeigenschaften nanoskaliger Systeme.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102553 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102331 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103192 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Quantenmechanik von Vielteilchensystemen
- Methoden der Quantenchemie (LCAO, Hartree Fock, Dichtefunktionaltheorie, Elektronenkorrelationen)
- Anwendungen auf Moleküle
- Simulationsverfahren für klassische Vielteilchensysteme (Monte Carlo, Molekulardynamik)
- Anwendungen auf nanoskalige Systeme
- Einführung in Multiskalensimulationen (QM/MM, Mehrstufenverfahren)
- Modellierung des elektronischen Transports durch nanoskalige Systeme

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4023121 Vorlesung 2 SWS; Wenzel

4023122 Übung 1 SWS; Wenzel, Schug

**Literatur**

- Szabo: Modern Quantum Chemistry
- Leach: Molecular Modeling

# M 3.201 Modul: Solid State Quantum Technologies [M-PHYS-104857]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109889 | Solid State Quantum Technologies | 8 LP | Wernsdorfer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
The development and comprehensive use of Quantum Technology is one of the most ambitious technological goals of today's science,with expected dramatic impact on the whole society and economy. The field of quantum information processing using solid state quantum bits (qubits) has witnessed an exponential growth during the last years. The current performances suggest that within a horizon of a few years, solid state quantum machines could outperform even the best classical machines for a few types of particularly hard tasks. During this class, the students will acquire a basic understanding of the principles of quantum information processing and the functioning of computers based on qubits, with an emphasis on experimental implementations using superconducting circuits and cavities and spin based solid state qubits. The supporting problems will cover in detail a broad set of calculations, from derivations of basic results, to solving practical problems one could encounter in a research laboratory.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104858 - Solid State Quantum Technologies (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to the concepts of quantum information processing, we will present an overview of different experimental implementations. We will then focus on spin qubits and superconducting circuit qubits. We will discuss sources of loss and dephasing, and we will mention several strategies to increase the coherence of qubits. During the last few lectures, we will focus on advanced topics such as circuit quantum electrodynamics (cQED) and quantum optics in the microwave domain.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt

# M 3.202 Modul: Solid State Quantum Technologies (NF) [M-PHYS-104858]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109890 | Solid State Quantum Technologies | 8 LP | Wernsdorfer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Qualifikationsziele**
The development and comprehensive use of Quantum Technology is one of the most ambitious technological goals of today's science,with expected dramatic impact on the whole society and economy. The field of quantum information processing using solid state quantum bits (qubits) has witnessed an exponential growth during the last years. The current performances suggest that within a horizon of a few years, solid state quantum machines could outperform even the best classical machines for a few types of particularly hard tasks. During this class, the students will acquire a basic understanding of the principles of quantum information processing and the functioning of computers based on qubits, with an emphasis on experimental implementations using superconducting circuits and cavities and spin based solid state qubits. The supporting problems will cover in detail a broad set of calculations, from derivations of basic results, to solving practical problems one could encounter in a research laboratory.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt- oder Ergänzungsfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104857 - Solid State Quantum Technologies darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
After a general introduction to the concepts of quantum information processing, we will present an overview of different experimental implementations. We will then focus on spin qubits and superconducting circuit qubits. We will discuss sources of loss and dephasing, and we will mention several strategies to increase the coherence of qubits. During the last few lectures, we will focus on advanced topics such as circuit quantum electrodynamics (cQED) and quantum optics in the microwave domain.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt

# M 3.203 Modul: Solid-State Optics, mit Übungen [M-PHYS-102144]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Pflicht Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102279 | Solid-State Optics, mit Übungen | 10 LP | Hetterich, Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen durch die Vorlesung und begleitende Diskussionen im Rahmen der Übung in grundlegende theoretische Konzepte sowie makroskopische und mikroskopische Modelle zur Beschreibung der optischen Eigenschaften von Festkörpern eingeführt werden, darüber hinaus auch in die entsprechenden experimentellen Messmethoden. Insbesondere sollen sie die Lage versetzt werden, das erworbene Wissen auf konkrete Probleme im Bereich der experimentellen Festkörper-Optik anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102145 - Solid-State Optics, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102408 - Solid-State Optics, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102409 - Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Maxwell's equations, refractive index, dispersion, dielectric function, extinction, absorption, reflection, continuity conditions at interfaces, anisotropic media and layered systems, Drude–Lorentz model, reststrahlen bands, Bloch states and band structure, perturbation theory of light–matter interaction, band to band transitions, joint density of states, van Hove singularities, phonon and exciton polaritons, plasmons, metals, semiconductor heterostructures, low-dimensional systems, group theory and selection rules, nonlinear optics, high-excitation effects in semiconductors, measurement of optical functions: Fourier spectroscopy, ellipsometry, modulation spectroscopy, photoluminescence, reflectometry, absorptivity.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und Quantenmechanik werden vorausgesetzt.

**Anmerkungen**
Für Studierende der KIT-Fakultät für Informatik gilt: Die Prüfungen in diesem Modul sind über Zulassungen vom ISS (KIT-Fakultät für Informatik) anzumelden. Dafür reicht eine E-Mail mit Matrikeln. und Name der gewünschten Prüfung an Beratung-informatik@informatik.kit.edu aus.

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden, bestehend aus Präsenzzeiten (75) und Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (225)

**Lehr- und Lernformen**
4020011 Vorlesung 4 SWS; M. Hetterich

4020012 Übung 1 SWS; M. Hetterich

**Literatur**
C. Klingshirn: Semiconductor Optics (Springer). F. Wooten: Optical Properties of Solids (Academic Press), H. Ibach and H. Lüth, Solid-State Physics.

# M 3.204 Modul: Solid-State Optics, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102145]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102346 | Solid-State Optics, mit Übungen (NF) | 10 LP | Hetterich, Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen durch die Vorlesung und begleitende Diskussionen im Rahmen der Übung in grundlegende theoretische Konzepte sowie makroskopische und mikroskopische Modelle zur Beschreibung der optischen Eigenschaften von Festkörpern eingeführt werden, darüber hinaus auch in die entsprechenden experimentellen Messmethoden. Insbesondere sollen sie die Lage versetzt werden, das erworbene Wissen auf konkrete Probleme im Bereich der experimentellen Festkörper-Optik anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102144 - Solid-State Optics, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102408 - Solid-State Optics, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102409 - Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Maxwell's equations, refractive index, dispersion, dielectric function, extinction, absorption, reflection, continuity conditions at interfaces, anisotropic media and layered systems, Drude–Lorentz model, reststrahlen bands, Bloch states and band structure, perturbation theory of light–matter interaction, band to band transitions, joint density of states, van Hove singularities, phonon and exciton polaritons, plasmons, metals, semiconductor heterostructures, low-dimensional systems, group theory and selection rules, nonlinear optics, high-excitation effects in semiconductors, measurement of optical functions: Fourier spectroscopy, ellipsometry, modulation spectroscopy, photoluminescence, reflectometry, absorptivity.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und Quantenmechanik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
300 Stunden, bestehend aus Präsenzzeiten (75) und Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (225)

**Lehr- und Lernformen**
4020011 Vorlesung 4 SWS; M. Hetterich

4020012 Übung 1 SWS; M. Hetterich

**Literatur**
C. Klingshirn: Semiconductor Optics (Springer). F. Wooten: Optical Properties of Solids (Academic Press), H. Ibach and H. Lüth, Solid-State Physics.

# M 3.205 Modul: Solid-State Optics, ohne Übungen [M-PHYS-102408]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Pflicht Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104773 | Solid-State Optics, ohne Übungen | 8 LP | Hetterich, Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen durch die Vorlesung und begleitende Diskussionen in grundlegende theoretische Konzepte sowie makroskopische und mikroskopische Modelle zur Beschreibung der optischen Eigenschaften von Festkörpern eingeführt werden, darüber hinaus auch in die entsprechenden experimentellen Messmethoden. Insbesondere sollen sie die Lage versetzt werden, das erworbene Wissen auf konkrete Probleme im Bereich der experimentellen Festkörper-Optik anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102145 - Solid-State Optics, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102409 - Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102144 - Solid-State Optics, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Maxwell's equations, refractive index, dispersion, dielectric function, extinction, absorption, reflection, continuity conditions at interfaces, anisotropic media and layered systems, Drude–Lorentz model, reststrahlen bands, Bloch states and band structure, perturbation theory of light–matter interaction, band to band transitions, joint density of states, van Hove singularities, phonon and exciton polaritons, plasmons, metals, semiconductor heterostructures, low-dimensional systems, group theory and selection rules, nonlinear optics, high-excitation effects in semiconductors, measurement of optical functions: Fourier spectroscopy, ellipsometry, modulation spectroscopy, photoluminescence, reflectometry, absorptivity.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und Quantenmechanik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden, bestehend aus Präsenzzeiten (60) und Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180)

**Lehr- und Lernformen**
4020011 Vorlesung 4 SWS; M. Hetterich

**Literatur**
C. Klingshirn: Semiconductor Optics (Springer)
F. Wooten: Optical Properties of Solids (Academic Press)
P.K. Basu: Theory of optical processes in semiconductors (Clarendon Press, Oxford)
H. Ibach and H. Lüth, Solid-State Physics

# M 3.206 Modul: Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) [M-PHYS-102409]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104774 | Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) | 8 LP | Hetterich, Kalt |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden sollen durch die Vorlesung und begleitende Diskussionen in grundlegende theoretische Konzepte sowie makroskopische und mikroskopische Modelle zur Beschreibung der optischen Eigenschaften von Festkörpern eingeführt werden, darüber hinaus auch in die entsprechenden experimentellen Messmethoden. Insbesondere sollen sie die Lage versetzt werden, das erworbene Wissen auf konkrete Probleme im Bereich der experimentellen Festkörper-Optik anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102144 - Solid-State Optics, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102145 - Solid-State Optics, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102408 - Solid-State Optics, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Maxwell's equations, refractive index, dispersion, dielectric function, extinction, absorption, reflection, continuity conditions at interfaces, anisotropic media and layered systems, Drude–Lorentz model, reststrahlen bands, Bloch states and band structure, perturbation theory of light–matter interaction, band to band transitions, joint density of states, van Hove singularities, phonon and exciton polaritons, plasmons, metals, semiconductor heterostructures, low-dimensional systems, group theory and selection rules, nonlinear optics, high-excitation effects in semiconductors, measurement of optical functions: Fourier spectroscopy, ellipsometry, modulation spectroscopy, photoluminescence, reflectometry, absorptivity.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik und Quantenmechanik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden, bestehend aus Präsenzzeiten (60) und Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung (180)

**Lehr- und Lernformen**
4020011 Vorlesung 4 SWS; M. Hetterich

**Literatur**
C. Klingshirn: Semiconductor Optics (Springer)
F. Wooten: Optical Properties of Solids (Academic Press)
P.K. Basu: Theory of optical processes in semiconductors (Clarendon Press, Oxford)
H. Ibach and H. Lüth, Solid-State Physics

# M 3.207 Modul: Spezialisierungsphase [M-PHYS-101396]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Spezialisierungsphase

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Level | Version |
|---|---|---|---|---|
| 15 | Jedes Semester | 1 Semester | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102481 | Spezialisierungsphase | 15 LP | Studiendekan Physik |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden erwerben wesentliche Arbeitstechniken für die Bearbeitung ihrer Masterarbeit, die Arbeitstechniken sind spezifisch für das jeweilige Spezialisierungsgebiet.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Der Bereich Physikalisches Schwerpunktfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
2. Der Bereich Physikalisches Ergänzungsfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
3. Der Bereich Physikalisches Nebenfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
4. Der Bereich Nichtphysikalisches Wahlpflichtfach muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
5. Der Bereich Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# M 3.208 Modul: Spintransport in Nanostrukturen [M-PHYS-102293]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104586 | Spintransport in Nanostrukturen | 6 LP | Beckmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe des spinpolarisierten Transports eingeführt werden, und deren Anwendung auf Transporteigenschaften in Nanostrukturen verstehen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme aus diesem Themenfeld lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**
In der Vorlesung werden zunächst Grundlagen des elektronischen Transports und Magnetismus eingeführt. Darauf aufbauend werden für die Spinelektronik wichtige magnetoresistive Effekte in nanoskaligen Strukturen besprochen (Riesenmagnetwiderstand, Spinakkumulation, Tunnelmagnetwiderstand). Weitere Themen sind Magnetisierungsdynamik (Micromagnetics, Spin Torque, Domänenwände, Spinwellen) und die Kopplung von Spin- und Wärmetransport (Spinkaloritronik).

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4021141 Vorlesung 2 SWS; D. Beckmann

4021142 Übung 1 SWS; D. Beckmann

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.209 Modul: Supraleiter-Nanostrukturen [M-PHYS-102191]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Kondensierte Materie (Wahl Kondensierte Materie)
Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104513 | Supraleiter-Nanostrukturen | 6 LP | Beckmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Supraleitung eingeführt werden, und deren Anwendung auf Transporteigenschaften in Nanostrukturen verstehen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme aus diesem Themenfeld lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104723 - Supraleiter-Nanostrukturen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
In der Vorlesung werden zunächst die Grundlagen der Supraleitung besprochen (BCS-Theorie). Diese werden angewandt auf elektronische Transporteigenschaften von Nanostrukturen, deren Abmessungen mit der Kohärenzlänge der Supraleitung vergleichbar sind. Dabei werden die wesentlichen Transportprozesse (Tunneln, Andreevreflexion, Josephson-Effekt) behandelt, die Konkurrenz von Supraleitung mit anderen Grundzuständen (normales Metall, Ferromagnet) diskutiert (Proximity-Effekt), und deren Wechselspiel in komplexen Nanostrukturen beleuchtet. Die Grundlagen werden durch zahlreiche Beispiele aus der aktuellen Forschung illustriert.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135).

**Lehr- und Lernformen**
4021031 Vorlesung 2 SWS; D. Beckmann

4021032 Übung 1 SWS; D. Beckmann

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.210 Modul: Supraleiter-Nanostrukturen (NF) [M-PHYS-104723]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Kondensierte Materie
Physikalisches Nebenfach / Nanophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-109621 | Supraleiter-Nanostrukturen (NF) | 6 LP | Beckmann |

**Qualifikationsziele**
Der Studierende soll in die Grundbegriffe der Supraleitung eingeführt werden, und deren Anwendung auf Transporteigenschaften in Nanostrukturen verstehen. In der Übung soll der Studierende konkrete Probleme aus diesem Themenfeld lösen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102191 - Supraleiter-Nanostrukturen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
In der Vorlesung werden zunächst die Grundlagen der Supraleitung besprochen (BCS-Theorie). Diese werden angewandt auf elektronische Transporteigenschaften von Nanostrukturen, deren Abmessungen mit der Kohärenzlänge der Supraleitung vergleichbar sind. Dabei werden die wesentlichen Transportprozesse (Tunneln, Andreevreflexion, Josephson-Effekt) behandelt, die Konkurrenz von Supraleitung mit anderen Grundzuständen (normales Metall, Ferromagnet) diskutiert (Proximity-Effekt), und deren Wechselspiel in komplexen Nanostrukturen beleuchtet. Die Grundlagen werden durch zahlreiche Beispiele aus der aktuellen Forschung illustriert.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135).

**Lehr- und Lernformen**
4021031 Vorlesung 2 SWS; D. Beckmann

4021032 Übung 1 SWS; D. Beckmann

**Literatur**
Literatur wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.211 Modul: Symmetrien und Gruppen [M-PHYS-102317]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104596 | Symmetrien und Gruppen | 8 LP | Nierste |

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Gruppentheorie Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Klassifikation von Lie-Gruppen, Verständnis der Konzepte von erweiterten Eichtheorien

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102315 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102316 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102318 - Symmetrien und Gruppen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lie-Gruppen und ihre Darstellungen, Lie-Algebren, Poincaré-Gruppe, diskrete Gruppen, Links-Rechts-Symmetrie, großvereinheitlichte Theorien

**Empfehlungen**
Gute Kenntnisse *der Quantenmechanik I. Für das letzte Drittel, "erweiterte Eichtheorien" sind Vorkenntnisse der Theoretischen Teilchenphysik erforderlich.*

**Lehr- und Lernformen**
4025131Vorlesung4 SWS; U. Nierste

4025132 Übung 2 SWS; U. Nierste, M. Spinrath

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.212 Modul: Symmetrien und Gruppen (NF) [M-PHYS-102318]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104597 | Symmetrien und Gruppen (NF) | 8 LP | Nierste |

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Gruppentheorie Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Klassifikation von Lie-Gruppen, Verständnis der Konzepte von erweiterten Eichtheorien

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102315 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102316 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102317 - Symmetrien und Gruppen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lie-Gruppen und ihre Darstellungen, Lie-Algebren, Poincaré-Gruppe, diskrete Gruppen, Links-Rechts-Symmetrie, großvereinheitlichte Theorien

**Empfehlungen**
Gute Kenntnisse *der Quantenmechanik I. Für das letzte Drittel, "erweiterte Eichtheorien" sind Vorkenntnisse der Theoretischen Teilchenphysik erforderlich.*

**Lehr- und Lernformen**
4025131Vorlesung4 SWS; U. Nierste

4025132 Übung 2 SWS; U. Nierste, M. Spinrath

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.213 Modul: Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien [M-PHYS-102315]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102393 | Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien | 12 LP | Nierste |

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Gruppentheorie Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Klassifikation von Lie-Gruppen, Verständnis der Konzepte von erweiterten Eichtheorien

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102316 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102317 - Symmetrien und Gruppen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102318 - Symmetrien und Gruppen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lie-Gruppen und ihre Darstellungen, Lie-Algebren, Poincaré-Gruppe, diskrete Gruppen, Links-Rechts-Symmetrie, großvereinheitlichte Theorien

**Empfehlungen**
Gute Kenntnisse *der Quantenmechanik I. Für das letzte Drittel, "erweiterte Eichtheorien" sind Vorkenntnisse der Theoretischen Teilchenphysik erforderlich.*

**Arbeitsaufwand**
360 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4025131Vorlesung4 SWS; U. Nierste

4025132 Übung 2 SWS; U. Nierste, M. Spinrath

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.214 Modul: Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) [M-PHYS-102316]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102444 | Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) | 12 LP | Nierste |

**Qualifikationsziele**
Erlernen der Methodik der Gruppentheorie Fähigkeit zur Lösung komplexer mathematischer Probleme wie der Klassifikation von Lie-Gruppen, Verständnis der Konzepte von erweiterten Eichtheorien

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102315 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102317 - Symmetrien und Gruppen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102318 - Symmetrien und Gruppen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Lie-Gruppen und ihre Darstellungen, Lie-Algebren, Poincaré-Gruppe, diskrete Gruppen, Links-Rechts-Symmetrie, großvereinheitlichte Theorien

**Empfehlungen**
Gute Kenntnisse *der Quantenmechanik I. Für das letzte Drittel, "erweiterte Eichtheorien" sind Vorkenntnisse der Theoretischen Teilchenphysik erforderlich.*

**Arbeitsaufwand**
360 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (90), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4025131Vorlesung4 SWS; U. Nierste

4025132 Übung 2 SWS; U. Nierste, M. Spinrath

**Literatur**
Wird in der Vorlesung angegeben.

# M 3.215 Modul: Teilchenphysik I [M-PHYS-102114]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller
Prof. Dr. Günter Quast
Dr. Klaus Rabbertz

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Pflichtbestandteil)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Pflichtbestandteil)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102369 | Teilchenphysik I | 8 LP | Husemann, Müller |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können Elementarteilchen klassifizieren und mithilfe von Symmetrien, Feynman-Diagrammen und Lagrangedichten qualitativ Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen analysieren. Durch die Kombination dieser Kenntnisse mit Wissen über den Nachweis von Elementarteilchen können die Studierenden die Funktionsweise moderner Teilchenphysikdetektoren diskutieren. Die Studierenden werden befähigt, aktuelle Daten und Abbildungen aus der wissenschaftlichen Literatur zur Teilchenphysik zu interpretieren und den aktuellen Stand der Forschung sowie wichtige „offene Fragen“ darzustellen. Die Studierenden können Techniken der statistischen Datenanalyse und Monte-Carlo-Simulation auf einfache Probleme der Teilchenphysik anwenden und eine grundlegende Charakterisierung von Silizium-Spurdetektoren im Labor durchführen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102115 - Teilchenphysik I (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Vorlesung:

- Grundbegriffe der Teilchenphysik
- Detektoren und Beschleuniger
- Grundlagen des Standardmodells
- Tests der elektroschwachen Theorie
- Flavour-Physik
- QCD
- Physik bei hohen Transversalimpulsen
- Higgs-Physik
- Physik massiver Neutrinos
- Physik jenseits des Standardmodells

Praktische Übungen:

- Aktuelle Methoden der Monte-Carlo-Simulation und Datenanalyse in der Teilchenphysik
- Messungen an modernen Silizium-Spurdetektoren.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik.

**Anmerkungen**
Für Studierende der KIT-Fakultät für Informatik gilt: Die Prüfungen in diesem Modul sind über Zulassungen vom ISS (KIT-Fakultät für Informatik) anzumelden. Dafür reicht eine E-Mail mit Matrikeln. und Name der gewünschten Prüfung an Beratung-informatik@informatik.kit.edu aus.

**Arbeitsaufwand**
ca. 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**
M. Thomson: Modern Particle Physics, Cambridge University Press (2013). D. Griffith: Introduction to Elementary Particles, Wiley (2008). A. Bettini: Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press (2008). C. Berger: Elementarteilchenphysik, Springer (2006).

Weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben.

# M 3.216 Modul: Teilchenphysik I (NF) [M-PHYS-102115]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller
Prof. Dr. Günter Quast
Dr. Klaus Rabbertz

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102488 | Teilchenphysik I (NF) | 8 LP | Husemann, Müller |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können Elementarteilchen klassifizieren und mithilfe von Symmetrien, Feynman-Diagrammen und Lagrangedichten qualitativ Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen analysieren. Durch die Kombination dieser Kenntnisse mit Wissen über den Nachweis von Elementarteilchen können die Studierenden die Funktionsweise moderner Teilchenphysikdetektoren diskutieren. Die Studierenden werden befähigt, aktuelle Daten und Abbildungen aus der wissenschaftlichen Literatur zur Teilchenphysik zu interpretieren und den aktuellen Stand der Forschung sowie wichtige „offene Fragen“ darzustellen. Die Studierenden können Techniken der statistischen Datenanalyse und Monte-Carlo-Simulation auf einfache Probleme der Teilchenphysik anwenden und eine grundlegende Charakterisierung von Silizium-Spurdetektoren im Labor durchführen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102114 - Teilchenphysik I darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Vorlesung:

- Grundbegriffe der Teilchenphysik
- Detektoren und Beschleuniger
- Grundlagen des Standardmodells
- Tests der elektroschwachen Theorie
- Flavour-Physik
- QCD
- Physik bei hohen Transversalimpulsen
- Higgs-Physik
- Physik massiver Neutrinos
- Physik jenseits des Standardmodells

Praktische Übungen:

- Aktuelle Methoden der Monte-Carlo-Simulation und Datenanalyse in der Teilchenphysik
- Messungen an modernen Silizium-Spurdetektoren.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang Physik.

**Arbeitsaufwand**
ca. 240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (180)

**Literatur**

M. Thomson: Modern Particle Physics, Cambridge University Press (2013). D. Griffith: Introduction to Elementary Particles, Wiley (2008). A. Bettini: Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge University Press (2008). C. Berger: Elementarteilchenphysik, Springer (2006).

Weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben.

# M 3.217 Modul: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen [M-PHYS-102422]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104783 | Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen | 8 LP | Bernlochner, Goldenzweig |

**Qualifikationsziele**
Wir wollen den Teilnehmern des Kurses mit der Flavour-Physik den Schlüssel zu einem besseren Verständnis der fundamentalen Naturgesetze an der Präzisionsfront nahebringen. Dabei soll es sowohl um die zugrunde liegenden Konzepte, als auch um praktische Erfahrungen gehen, die zu einem gelungenen Einstand in die eigene Forschung beitragen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102155 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102154 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103183 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Teilchenbeschleuniger erlauben, die fundamentalen Bausteine und Kräfte der Natur zu studieren. Neben der Verwendung immer höherer Energien kann das Wissen auf diesem Gebiet auch durch Messungen mit immer höherer Präzision erweitert werden. Solche Präzisionsmessungen werden sowohl am CERN und am Tevatron an Vielzweckexperimenten, wie auch in speziellen Flavour-Fabriken am SLAC oder am SuperKEKB-Beschleuniger in Japan, erfolgreich durchgeführt.

Während der Vorlesung wollen wir experimentelle Methoden und bestimmte Schlüsselprozesse – Mesonenmischung, CP-Verletzung, seltene Zerfälle – vorstellen. In der Übung soll zusätzlich noch auf Handwerkszeug für den Alltag, wie etwa Winkelverteilungen und Quantenzahlen und Informationssysteme im Internet eingegangen werden.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.218 Modul: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-103183]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106316 | Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Bernlochner, Goldenzweig |

**Qualifikationsziele**
Wir wollen den Teilnehmern des Kurses mit der Flavour-Physik den Schlüssel zu einem besseren Verständnis der fundamentalen Naturgesetze an der Präzisionsfront nahebringen. Dabei soll es sowohl um die zugrunde liegenden Konzepte, als auch um praktische Erfahrungen gehen, die zu einem gelungenen Einstand in die eigene Forschung beitragen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102155 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102154 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102422 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Teilchenbeschleuniger erlauben, die fundamentalen Bausteine und Kräfte der Natur zu studieren. Neben der Verwendung immer höherer Energien kann das Wissen auf diesem Gebiet auch durch Messungen mit immer höherer Präzision erweitert werden. Solche Präzisionsmessungen werden sowohl am CERN und am Tevatron an Vielzweckexperimenten, wie auch in speziellen Flavour-Fabriken am SLAC oder am SuperKEKB-Beschleuniger in Japan, erfolgreich durchgeführt.

Während der Vorlesung wollen wir experimentelle Methoden und bestimmte Schlüsselprozesse – Mesonenmischung, CP-Verletzung, seltene Zerfälle – vorstellen. In der Übung soll zusätzlich noch auf Handwerkszeug für den Alltag, wie etwa Winkelverteilungen und Quantenzahlen und Informationssysteme im Internet eingegangen werden.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.219 Modul: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen [M-PHYS-102154]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102371 | Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen | 6 LP | Bernlochner, Goldenzweig |

**Qualifikationsziele**
Wir wollen den Teilnehmern des Kurses mit der Flavour-Physik den Schlüssel zu einem besseren Verständnis der fundamentalen Naturgesetze an der Präzisionsfront nahebringen. Dabei soll es sowohl um die zugrunde liegenden Konzepte, als auch um praktische Erfahrungen gehen, die zu einem gelungenen Einstand in die eigene Forschung beitragen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102155 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102422 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-103183 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Teilchenbeschleuniger erlauben, die fundamentalen Bausteine und Kräfte der Natur zu studieren. Neben der Verwendung immer höherer Energien kann das Wissen auf diesem Gebiet auch durch Messungen mit immer höherer Präzision erweitert werden. Solche Präzisionsmessungen werden sowohl am CERN und am Tevatron an Vielzweckexperimenten, wie auch in speziellen Flavour-Fabriken am SLAC oder am SuperKEKB-Beschleuniger in Japan, erfolgreich durchgeführt.

Während der Vorlesung wollen wir experimentelle Methoden und bestimmte Schlüsselprozesse – Mesonenmischung, CP-Verletzung, seltene Zerfälle – vorstellen. In der Übung soll zusätzlich noch auf Handwerkszeug für den Alltag, wie etwa Winkelverteilungen und Quantenzahlen und Informationssysteme im Internet eingegangen werden.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.220 Modul: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-102155]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102424 | Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Bernlochner, Goldenzweig |

**Qualifikationsziele**
Wir wollen den Teilnehmern des Kurses mit der Flavour-Physik den Schlüssel zu einem besseren Verständnis der fundamentalen Naturgesetze an der Präzisionsfront nahebringen. Dabei soll es sowohl um die zugrunde liegenden Konzepte, als auch um praktische Erfahrungen gehen, die zu einem gelungenen Einstand in die eigene Forschung beitragen.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102154 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-103183 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102422 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Teilchenbeschleuniger erlauben, die fundamentalen Bausteine und Kräfte der Natur zu studieren. Neben der Verwendung immer höherer Energien kann das Wissen auf diesem Gebiet auch durch Messungen mit immer höherer Präzision erweitert werden. Solche Präzisionsmessungen werden sowohl am CERN und am Tevatron an Vielzweckexperimenten, wie auch in speziellen Flavour-Fabriken am SLAC oder am SuperKEKB-Beschleuniger in Japan, erfolgreich durchgeführt.

Während der Vorlesung wollen wir experimentelle Methoden und bestimmte Schlüsselprozesse – Mesonenmischung, CP-Verletzung, seltene Zerfälle – vorstellen. In der Übung soll zusätzlich noch auf Handwerkszeug für den Alltag, wie etwa Winkelverteilungen und Quantenzahlen und Informationssysteme im Internet eingegangen werden.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der experimentellen Teilchenphysik aus der Vorlesung Moderne Experimentalphysik III im Bachelorstudiengang werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.221 Modul: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen [M-PHYS-104088]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108474 | Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen | 8 LP | Rabbertz |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung der Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Teilchenphysik, Gewinnung von Einblicken in den aktuellen Stand der Forschung, Kenntnis der aktuellen theoretischen Konzepte und der experimentellen Techniken. Lösung einfacher Probleme in schriftlicher Form oder in praktischen Übungen am Computer, Erwerb von Kenntnissen typischer Computer-basierter Methoden zur Simulation teilchenphysikalischer Prozesse und zur Datenanalyse, Arbeit mit Primärliteratur.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104086 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104087 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104089 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Quantenchromodynamik, moderne Simulationsprogramme und Analysetechniken, Jetalgorithmen, Jet-Energie-Kalibration, Berechnung und Messung von Jet-Wirkungsquerschnitten, experimentelle und theoretische Korrekturen und Unsicherheiten, Bestimmung der starken Wechselwirkungskonstanten, aktuelle Messungen an Hadron-Collidern, Produktion und Zerfall von Top-Paaren und einzelnen Top-Quarks, Top-Eigenschaften im Standardmodell, Rekonstruktion von Top-Ereignissen, Boosted Top, Verbindung zwischen Top- und Higgs-Physik, Suche nach Neuer Physik mit Top-Quarks.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen *Moderne Experimentalphysik III*, *Moderne Theoretische Physik II* und *Rechnernutzung in der Physik* aus dem Bachelor-Studium und *Teilchenphysik I* aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180)

**Lehr- und Lernformen**
4022171 Vorlesung 2 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

4022172 Übung 1 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

**Literatur**


- R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, “QCD and Collider Physics”, Cambridge, 1996.
- G. Dissertori, I.G. Knowles, M. Schmeling, “Quantum Chromodynamics”, Oxford, 2002.
- R. Cahn, G. Goldhaber, “The Experimental Foundations of Particle Physics”, Cambridge, 2009.
- Particle Data Group, “The Review of Particle Physics”, J.Phys. G37, 075021 (2010).
- G. Salam, “Towards Jetography”, arXiv:0906.1833, 2009.
- V. D. Barger, R. J. N. Phillips: Collider Physics, Westview Press (1996).
- J. M. Campbell, J. W. Huston, W. J. Stirling, Rep. Prog. Phys. 70 (2007) 89.
- T. Plehn: Lectures on LHC Physics, Springer (2012), arXiv:0910.4182 [hep-ph].
- W. Bernreuther, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 35 (2008) 083001.
- J. Incandela, A. Quadt, W. Wagner, D. Wicke, Prog. Part. Nucl. Phys. 63 (2009) 239.
- F.-P. Schilling, Int. J. Mod. Phys. A27 (2012) 1230016.
- Mehrere Habilitationsschriften: W. Wagner (Karlsruhe 2005), A. Quadt (Bonn 2006), F.Fiedler (München 2007), M.-A. Pleier (Bonn 2008), D. Wicke (Wuppertal 2009).sowie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen und Reviews.

# M 3.222 Modul: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-104089]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108475 | Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Rabbertz |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung der Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Teilchenphysik, Gewinnung von Einblicken in den aktuellen Stand der Forschung, Kenntnis der aktuellen theoretischen Konzepte und der experimentellen Techniken. Lösung einfacher Probleme in schriftlicher Form oder in praktischen Übungen am Computer, Erwerb von Kenntnissen typischer Computer-basierter Methoden zur Simulation teilchenphysikalischer Prozesse und zur Datenanalyse, Arbeit mit Primärliteratur.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104086 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104087 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104088 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Quantenchromodynamik, moderne Simulationsprogramme und Analysetechniken, Jetalgorithmen, Jet-Energie-Kalibration, Berechnung und Messung von Jet-Wirkungsquerschnitten, experimentelle und theoretische Korrekturen und Unsicherheiten, Bestimmung der starken Wechselwirkungskonstanten, aktuelle Messungen an Hadron-Collidern, Produktion und Zerfall von Top-Paaren und einzelnen Top-Quarks, Top-Eigenschaften im Standardmodell, Rekonstruktion von Top-Ereignissen, Boosted Top, Verbindung zwischen Top- und Higgs-Physik, Suche nach Neuer Physik mit Top-Quarks.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen *Moderne Experimentalphysik III*, *Moderne Theoretische Physik II* und *Rechnernutzung in der Physik* aus dem Bachelor-Studium und *Teilchenphysik I* aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180)

**Lehr- und Lernformen**
4022171 Vorlesung 2 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

4022172 Übung 1 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

**Literatur**


- R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, “QCD and Collider Physics”, Cambridge, 1996.
- G. Dissertori, I.G. Knowles, M. Schmeling, “Quantum Chromodynamics”, Oxford, 2002.
- R. Cahn, G. Goldhaber, “The Experimental Foundations of Particle Physics”, Cambridge, 2009.
- Particle Data Group, “The Review of Particle Physics”, J.Phys. G37, 075021 (2010).
- G. Salam, “Towards Jetography”, arXiv:0906.1833, 2009.
- V. D. Barger, R. J. N. Phillips: Collider Physics, Westview Press (1996).
- J. M. Campbell, J. W. Huston, W. J. Stirling, Rep. Prog. Phys. 70 (2007) 89.
- T. Plehn: Lectures on LHC Physics, Springer (2012), arXiv:0910.4182 [hep-ph].
- W. Bernreuther, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 35 (2008) 083001.
- J. Incandela, A. Quadt, W. Wagner, D. Wicke, Prog. Part. Nucl. Phys. 63 (2009) 239.
- F.-P. Schilling, Int. J. Mod. Phys. A27 (2012) 1230016.
- Mehrere Habilitationsschriften: W. Wagner (Karlsruhe 2005), A. Quadt (Bonn 2006), F.Fiedler (München 2007), M.-A. Pleier (Bonn 2008), D. Wicke (Wuppertal 2009).sowie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen und Reviews.

# M 3.223 Modul: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen [M-PHYS-104086]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108472 | Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen | 6 LP | Rabbertz |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung der Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Teilchenphysik, Gewinnung von Einblicken in den aktuellen Stand der Forschung, Kenntnis der aktuellen theoretischen Konzepte und der experimentellen Techniken. Lösung einfacher Probleme in schriftlicher Form oder in praktischen Übungen am Computer, Erwerb von Kenntnissen typischer Computer-basierter Methoden zur Simulation teilchenphysikalischer Prozesse und zur Datenanalyse, Arbeit mit Primärliteratur.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104087 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104088 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104089 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Quantenchromodynamik, moderne Simulationsprogramme und Analysetechniken, Jetalgorithmen, Jet-Energie-Kalibration, Berechnung und Messung von Jet-Wirkungsquerschnitten, experimentelle und theoretische Korrekturen und Unsicherheiten, Bestimmung der starken Wechselwirkungskonstanten, aktuelle Messungen an Hadron-Collidern, Produktion und Zerfall von Top-Paaren und einzelnen Top-Quarks, Top-Eigenschaften im Standardmodell, Rekonstruktion von Top-Ereignissen, Boosted Top, Verbindung zwischen Top- und Higgs-Physik, Suche nach Neuer Physik mit Top-Quarks.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen *Moderne Experimentalphysik III*, *Moderne Theoretische Physik II* und *Rechnernutzung in der Physik* aus dem Bachelor-Studium und *Teilchenphysik I* aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Lehr- und Lernformen**
4022171 Vorlesung 2 SWS; K. Rabbertz, A. Meyer

4022172 Übung 1 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

**Literatur**


- R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, “QCD and Collider Physics”, Cambridge, 1996.
- G. Dissertori, I.G. Knowles, M. Schmeling, “Quantum Chromodynamics”, Oxford, 2002.
- R. Cahn, G. Goldhaber, “The Experimental Foundations of Particle Physics”, Cambridge, 2009.
- Particle Data Group, “The Review of Particle Physics”, J.Phys. G37, 075021 (2010).
- G. Salam, “Towards Jetography”, arXiv:0906.1833, 2009.
- V. D. Barger, R. J. N. Phillips: Collider Physics, Westview Press (1996).
- J. M. Campbell, J. W. Huston, W. J. Stirling, Rep. Prog. Phys. 70 (2007) 89.
- T. Plehn: Lectures on LHC Physics, Springer (2012), arXiv:0910.4182 [hep-ph].
- W. Bernreuther, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 35 (2008) 083001.
- J. Incandela, A. Quadt, W. Wagner, D. Wicke, Prog. Part. Nucl. Phys. 63 (2009) 239.
- F.-P. Schilling, Int. J. Mod. Phys. A27 (2012) 1230016.
- Mehrere Habilitationsschriften: W. Wagner (Karlsruhe 2005), A. Quadt (Bonn 2006), F.Fiedler (München 2007), M.-A. Pleier (Bonn 2008), D. Wicke (Wuppertal 2009).sowie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen und Reviews.

# M 3.224 Modul: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-104087]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108473 | Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Rabbertz |

**Qualifikationsziele**
Vertiefung der Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Teilchenphysik, Gewinnung von Einblicken in den aktuellen Stand der Forschung, Kenntnis der aktuellen theoretischen Konzepte und der experimentellen Techniken. Lösung einfacher Probleme in schriftlicher Form oder in praktischen Übungen am Computer, Erwerb von Kenntnissen typischer Computer-basierter Methoden zur Simulation teilchenphysikalischer Prozesse und zur Datenanalyse, Arbeit mit Primärliteratur.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104086 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104088 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104089 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Quantenchromodynamik, moderne Simulationsprogramme und Analysetechniken, Jetalgorithmen, Jet-Energie-Kalibration, Berechnung und Messung von Jet-Wirkungsquerschnitten, experimentelle und theoretische Korrekturen und Unsicherheiten, Bestimmung der starken Wechselwirkungskonstanten, aktuelle Messungen an Hadron-Collidern, Produktion und Zerfall von Top-Paaren und einzelnen Top-Quarks, Top-Eigenschaften im Standardmodell, Rekonstruktion von Top-Ereignissen, Boosted Top, Verbindung zwischen Top- und Higgs-Physik, Suche nach Neuer Physik mit Top-Quarks.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen *Moderne Experimentalphysik III*, *Moderne Theoretische Physik II* und *Rechnernutzung in der Physik* aus dem Bachelor-Studium und *Teilchenphysik I* aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135)

**Lehr- und Lernformen**
4022171 Vorlesung 2 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

4022172 Übung 1 SWS;K. Rabbertz, A. Meyer

**Literatur**


- R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, “QCD and Collider Physics”, Cambridge, 1996.
- G. Dissertori, I.G. Knowles, M. Schmeling, “Quantum Chromodynamics”, Oxford, 2002.
- R. Cahn, G. Goldhaber, “The Experimental Foundations of Particle Physics”, Cambridge, 2009.
- Particle Data Group, “The Review of Particle Physics”, J.Phys. G37, 075021 (2010).
- G. Salam, “Towards Jetography”, arXiv:0906.1833, 2009.
- V. D. Barger, R. J. N. Phillips: Collider Physics, Westview Press (1996).
- J. M. Campbell, J. W. Huston, W. J. Stirling, Rep. Prog. Phys. 70 (2007) 89.
- T. Plehn: Lectures on LHC Physics, Springer (2012), arXiv:0910.4182 [hep-ph].
- W. Bernreuther, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 35 (2008) 083001.
- J. Incandela, A. Quadt, W. Wagner, D. Wicke, Prog. Part. Nucl. Phys. 63 (2009) 239.
- F.-P. Schilling, Int. J. Mod. Phys. A27 (2012) 1230016.
- Mehrere Habilitationsschriften: W. Wagner (Karlsruhe 2005), A. Quadt (Bonn 2006), F.Fiedler (München 2007), M.-A. Pleier (Bonn 2008), D. Wicke (Wuppertal 2009).sowie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen und Reviews.

# M 3.225 Modul: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen [M-PHYS-104084]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108470 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen | 8 LP | Mozer, Schröder |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können die theoretischen und experimentellen Grundlagen der Physik der massiven Bosonen des Standard-Modells sowie die wichtigsten dazugehörigen Messungen an Collidern darstellen. Sie vertiefen somit ihre Kenntnisse in der experimentellen Teilchenphysik in einem Spezialgebiet und sind mit dem aktuellen Stand der Forschung vertraut. Die Studierenden können Originalveröffentlichungen der Teilchenphysik auffinden und analysieren. Sie verstehen moderne computerbasierte Techniken der Datenanalyse und können sie auf einfache Problemstellungen der W/Z/H-Physik anwenden. Die Studierendenlösen physikalische Problemstellungen in Teamarbeit und verbessern ihre Präsentationstechniken.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104081 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104082 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104085 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Historische Einführung, die elektroschwache Symmetriebrechung im Standard-Modell, Experimentelle Techniken und Methoden der statistischen Datenanalyse, W- und Z- Physik am Collider, Eigenschaften des Higgs-Bosons, Higgs-Boson Suchen- und Entdeckung, Multi-Boson-Prozesse, Relevante Prozesse jenseits des Standard-Modells.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen Moderne Experimentalphysik III, Moderne Theoretischen Physik II und Rechnernutzung in der Physik aus dem Bachelor-Studium und Teilchenphysik I aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, SLD: Precision Electroweak measurements on the Z Resonance, Phys.Rept. 427 (2006) 257.
- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL : Electroweak Measurements in Electron-Positron Collisions at W-Boson-Pair Energies at LEP, Phys. Rept. 532 (2013) 119.
- M. Mozer: Electroweak Physics at the LHC, Springer (2016)
- R. Wolf: The Higgs Boson Discovery at the Large Hadron Collider, Springer 2015
- J. Ellis: Higgs Physics, arXiv:1312.567 [hep-ph]
- A. Djouadi: The anatomy of electroweak symmetry breaking I,Phys. Rep. 457 (2008) 1

# M 3.226 Modul: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) [M-PHYS-104085]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108471 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) | 8 LP | Mozer, Schröder |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können die theoretischen und experimentellen Grundlagen der Physik der massiven Bosonen des Standard-Modells sowie die wichtigsten dazugehörigen Messungen an Collidern darstellen. Sie vertiefen somit ihre Kenntnisse in der experimentellen Teilchenphysik in einem Spezialgebiet und sind mit dem aktuellen Stand der Forschung vertraut. Die Studierenden können Originalveröffentlichungen der Teilchenphysik auffinden und analysieren. Sie verstehen moderne computerbasierte Techniken der Datenanalyse und können sie auf einfache Problemstellungen der W/Z/H-Physik anwenden. Die Studierendenlösen physikalische Problemstellungen in Teamarbeit und verbessern ihre Präsentationstechniken.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104081 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104082 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104084 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Historische Einführung, die elektroschwache Symmetriebrechung im Standard-Modell, Experimentelle Techniken und Methoden der statistischen Datenanalyse, W- und Z- Physik am Collider, Eigenschaften des Higgs-Bosons, Higgs-Boson Suchen- und Entdeckung, Multi-Boson-Prozesse, Relevante Prozesse jenseits des Standard-Modells.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen Moderne Experimentalphysik III, Moderne Theoretischen Physik II und Rechnernutzung in der Physik aus dem Bachelor-Studium und Teilchenphysik I aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
240 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (60 Stunden), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (180 Stunden).

**Literatur**


- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, SLD: Precision Electroweak measurements on the Z Resonance, Phys.Rept. 427 (2006) 257.
- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL : Electroweak Measurements in Electron-Positron Collisions at W-Boson-Pair Energies at LEP, Phys. Rept. 532 (2013) 119.
- M. Mozer: Electroweak Physics at the LHC, Springer (2016)
- R. Wolf: The Higgs Boson Discovery at the Large Hadron Collider, Springer 2015
- J. Ellis: Higgs Physics, arXiv:1312.567 [hep-ph]
- A. Djouadi: The anatomy of electroweak symmetry breaking I,Phys. Rep. 457 (2008) 1

# M 3.227 Modul: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen [M-PHYS-104081]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Experimentelle Teilchenphysik (Wahl Experimentelle Teilchenphysik)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108468 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen | 6 LP | Mozer, Schröder |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können die theoretischen und experimentellen Grundlagen der Physik der massiven Bosonen des Standard-Modells sowie die wichtigsten dazugehörigen Messungen an Collidern darstellen. Sie vertiefen somit ihre Kenntnisse in der experimentellen Teilchenphysik in einem Spezialgebiet und sind mit dem aktuellen Stand der Forschung vertraut. Die Studierenden können Originalveröffentlichungen der Teilchenphysik auffinden und analysieren. Sie verstehen moderne computerbasierte Techniken der Datenanalyse und können sie auf einfache Problemstellungen der W/Z/H-Physik anwenden. Die Studierendenlösen physikalische Problemstellungen in Teamarbeit und verbessern ihre Präsentationstechniken.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104082 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104084 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104085 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Historische Einführung, die elektroschwache Symmetriebrechung im Standard-Modell, Experimentelle Techniken und Methoden der statistischen Datenanalyse, W- und Z- Physik am Collider, Eigenschaften des Higgs-Bosons, Higgs-Boson Suchen- und Entdeckung, Multi-Boson-Prozesse, Relevante Prozesse jenseits des Standard-Modells.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen Moderne Experimentalphysik III, Moderne Theoretischen Physik II und Rechnernutzung in der Physik aus dem Bachelor-Studium und Teilchenphysik I aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135).

**Literatur**


- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, SLD: Precision Electroweak measurements on the Z Resonance, Phys.Rept. 427 (2006) 257.
- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL : Electroweak Measurements in Electron-Positron Collisions at W-Boson-Pair Energies at LEP, Phys. Rept. 532 (2013) 119.
- M. Mozer: Electroweak Physics at the LHC, Springer (2016)
- R. Wolf: The Higgs Boson Discovery at the Large Hadron Collider, Springer 2015
- J. Ellis: Higgs Physics, arXiv:1312.567 [hep-ph]
- A. Djouadi: The anatomy of electroweak symmetry breaking I,Phys. Rep. 457 (2008) 1

# M 3.228 Modul: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) [M-PHYS-104082]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Experimentelle Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-108469 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) | 6 LP | Mozer, Schröder |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden können die theoretischen und experimentellen Grundlagen der Physik der massiven Bosonen des Standard-Modells sowie die wichtigsten dazugehörigen Messungen an Collidern darstellen. Sie vertiefen somit ihre Kenntnisse in der experimentellen Teilchenphysik in einem Spezialgebiet und sind mit dem aktuellen Stand der Forschung vertraut. Die Studierenden können Originalveröffentlichungen der Teilchenphysik auffinden und analysieren. Sie verstehen moderne computerbasierte Techniken der Datenanalyse und können sie auf einfache Problemstellungen der W/Z/H-Physik anwenden. Die Studierendenlösen physikalische Problemstellungen in Teamarbeit und verbessern ihre Präsentationstechniken.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-104081 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-104084 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-104085 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Historische Einführung, die elektroschwache Symmetriebrechung im Standard-Modell, Experimentelle Techniken und Methoden der statistischen Datenanalyse, W- und Z- Physik am Collider, Eigenschaften des Higgs-Bosons, Higgs-Boson Suchen- und Entdeckung, Multi-Boson-Prozesse, Relevante Prozesse jenseits des Standard-Modells.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse aus den Veranstaltungen Moderne Experimentalphysik III, Moderne Theoretischen Physik II und Rechnernutzung in der Physik aus dem Bachelor-Studium und Teilchenphysik I aus dem Master-Studium werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Vorbereitung der Übungen (135).

**Literatur**


- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, SLD: Precision Electroweak measurements on the Z Resonance, Phys.Rept. 427 (2006) 257.
- ALEPH, DELPHI, L3, OPAL : Electroweak Measurements in Electron-Positron Collisions at W-Boson-Pair Energies at LEP, Phys. Rept. 532 (2013) 119.
- M. Mozer: Electroweak Physics at the LHC, Springer (2016)
- R. Wolf: The Higgs Boson Discovery at the Large Hadron Collider, Springer 2015
- J. Ellis: Higgs Physics, arXiv:1312.567 [hep-ph]
- A. Djouadi: The anatomy of electroweak symmetry breaking I,Phys. Rep. 457 (2008) 1

# M 3.229 Modul: The ABC of DFT [M-PHYS-102984]

**Verantwortung:** Velimir Meded
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105960 | The ABC of DFT | 6 LP | Meded, Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
Vorstellung und Diskussion selbstständig erarbeiteter Lösungen von Übungsaufgaben, die u.a. mit den ELK und Orca Simulationswerkzeugen durchgeführt werden.

**Qualifikationsziele**
Verständnis grundlegender numerischer Verfahren in der Dichtefunktionaltheorie und die Fähigkeit zu ihrer Anwendung zur Lösung physikalischer Probleme der Festkörperphysik wie die Beschreibung von Ladungstransport oder Magnetismus. Schwerpunkte liegen im Erlangen der Fähigkeiten zur selbstständigen Simulationsdurchführung, darauffolgender Datenanalyse, physikalischer Interpretation und, falls möglich, Verknüpfung mit experimentellen Untersuchungen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkt-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**
With ever advancing computational power, it becomes possible to determine the electronic structure of increasingly complex systems relevant to solid state physics and materials science. Here we introduce Density Functional Theory (DFT) by explaining the basic underlying concepts, present examples of its application and its shortcomings and outline the most promising improvement paths. DFT will be applied to charge transport and magnetism related problems. As DFT makes it possible to treat fairly large systems (up to a few thousand of electrons) it enables direct comparison to experiment for many important applications. Both periodic, crystalline systems and localized single molecule in vacuum will be addressed with a special focus on systems with reduced dimensionality, such as surfaces and interfaces. Where applicable, comparisons to experiment and possible deployments will be presented. Some of the topics that will be addressed are:

- Basic concepts underpinning the DFT
- Calculations of band structure and density of states (DOS) of (hybrid) graphene materials.
- Treatment of magnetism within DFT, with examples of both bulk and molecular magnetism.
- Charge transport, with examples of both ballistic and disordered hopping transport.
- Beyond ground state DFT: Time Dependent DFT, GW, ...

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörpertheorie, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Arbeitsaufwand**
180 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**
Wird in der Vorlesung genannt.

# M 3.230 Modul: Theoretical Nanooptics [M-PHYS-102295]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104587 | Theoretical Nanooptics | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The properties of light at the nanoscale can be controlled by various means. The aim of this lecture is to familiarize the students with the different possibilities that rely on nanostructured dielectric or metallic materials and to outline on solid mathematical grounds the analytical description of observable effects. The lecture is meant as a complementary source of education to experimental lecture. It shall provide the students with the necessary skills to work themselves in the field of theoretical nanooptics.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-103177 - Theoretical Nanooptics (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Dispersion relation to describe light in extended systems such as free space, interfaces, planar waveguides and waveguides with complicated geometrical cross sections.
- Description of the interaction of light with isolated objects such as spheres, cylinders, ellipsoids and prolates and oblates.
- Properties of plasmonic nanoparticles and the ability to tune their properties
- Notion of optical antennas and the discussion of their basic characteristics
- Description of the dynamics of wave propagation by perturbed eigenstates, i.e. coupled mode theory. Application to optical waveguide arrays.
- Discussion of metamaterials (unit cells, homogenization, light propagation, applications)
- Transformation optics
- Analytical modeling and phenomenological tools to describe nanooptical systems

**Empfehlungen**
Solid mathematical background, good knowledge of classical electromagnetism and theoretical optics.

**Arbeitsaufwand**
180 hours composed of active time (45), wrap-up of the lecture incl. preparation of the examination and the excercises

**Literatur**
L. Novotny and B. Hecht, Principle of Nano-Optics, Cambridge

S. A. Maier, Plasmonics, Springer

J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn and R. D. Meade, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light, University Press

# M 3.231 Modul: Theoretical Nanooptics (NF) [M-PHYS-103177]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106311 | Theoretical Nanooptics (NF) | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The properties of light at the nanoscale can be controlled by various means. The aim of this lecture is to familiarize the students with the different possibilities that rely on nanostructured dielectric or metallic materials and to outline on solid mathematical grounds the analytical description of observable effects. The lecture is meant as a complementary source of education to experimental lecture. It shall provide the students with the necessary skills to work themselves in the field of theoretical nanooptics.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102295 - Theoretical Nanooptics darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Dispersion relation to describe light in extended systems such as free space, interfaces, planar waveguides and waveguides with complicated geometrical cross sections.
- Description of the interaction of light with isolated objects such as spheres, cylinders, ellipsoids and prolates and oblates.
- Properties of plasmonic nanoparticles and the ability to tune their properties
- Notion of optical antennas and the discussion of their basic characteristics
- Description of the dynamics of wave propagation by perturbed eigenstates, i.e. coupled mode theory. Application to optical waveguide arrays.
- Discussion of metamaterials (unit cells, homogenization, light propagation, applications)
- Transformation optics
- Analytical modeling and phenomenological tools to describe nanooptical systems

**Empfehlungen**
Solid mathematical background, good knowledge of classical electromagnetism and theoretical optics.

**Arbeitsaufwand**
180 hours composed of active time (45), wrap-up of the lecture incl. preparation of the examination and the excercises

**Literatur**
L. Novotny and B. Hecht, Principle of Nano-Optics, Cambridge

S. A. Maier, Plasmonics, Springer

J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn and R. D. Meade, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light, University Press

# M 3.232 Modul: Theoretical Optics [M-PHYS-102277]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Pflicht Optik und Photonik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104578 | Theoretische Optik | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students deepen their knowledge about the theory and the mathematical tools in optics and photonics. They learn how to apply these tools to describe fundamental phenomena and how to predict observable quantities that reflect the actual physics from the theory by way of a corresponding purposeful mathematical analyses. They learn how to solve problems of both, interpretative and predictive nature with regards to model systems and real life situations.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102279 - Theoretical Optics (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Review of Electromagnetism (Maxwell's Equations, Stress Tensor, Material Properties, Kramers-Kronig Relation, Wave Propagation, Poynting's Theorem)
- Diffraction Theory (The Principles of Huygens and Fresnel, Scalar Diffraction Theory: Green's Function, Helmholtz-Kirchhoff Theorem, Kirchhoff Formulation of Diffraction, Fresnel-Kirchhoff Diffraction Formula, Rayleigh-Sommerfeld Formulation of Diffraction, Angular Spectrum Method, Fresnel and Fraunhofer Diffraction, Method of Stationary Phases, Basics og Holography)
- Crystal Optics (Polarization, Anisotropic Media, Fresnel Equation, Applications)
- Classical Coherence Theory (Elementary Coherence Phenomena, Theory of Stochastic Processes, Correlation Functions)
- Quantum Optics and Quantum Optical Coherence Theory (Review of Quantum Mechanics, Quantization of the EM Field, Quantum Coherence Functions)

**Empfehlungen**
Solid mathematical background, good knowledge of classical electromagnetism and basic knowledge of quantum mechanics.

**Anmerkungen**
Für Studierende der KIT-Fakultät für Informatik gilt: Die Prüfungen in diesem Modul sind über Zulassungen vom ISS (KIT-Fakultät für Informatik) anzumelden. Dafür reicht eine E-Mail mit Matrikeln. und Name der gewünschten Prüfung an Beratung-informatik@informatik.kit.edu aus.

**Arbeitsaufwand**
180 hours composed of active time (45), wrap-up of the lecture incl. preparation of the examaintion and the excamination

**Literatur**
"Classical Electrodynamics" John David Jackson

"Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer

"Introduction to Fourier Optics" Joseph W. Goodman

"Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light" Emil Wolf

"The Quantum Theory of Light " Rodney Loudon

# M 3.233 Modul: Theoretical Optics (NF) [M-PHYS-102279]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Optik und Photonik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102305 | Theoretische Optik - Vorleistung | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students deepen their knowledge about the theory and the mathematical tools in optics and photonics. They learn how to apply these tools to describe fundamental phenomena and how to predict observable quantities that reflect the actual physics from the theory by way of a corresponding purposeful mathematical analyses. They learn how to solve problems of both, interpretative and predictive nature with regards to model systems and real life situations.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102277 - Theoretical Optics darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Review of Electromagnetism (Maxwell's Equations, Stress Tensor, Material Properties, Kramers-Kronig Relation, Wave Propagation, Poynting's Theorem)
- Diffraction Theory (The Principles of Huygens and Fresnel, Scalar Diffraction Theory: Green's Function, Helmholtz-Kirchhoff Theorem, Kirchhoff Formulation of Diffraction, Fresnel-Kirchhoff Diffraction Formula, Rayleigh-Sommerfeld Formulation of Diffraction, Angular Spectrum Method, Fresnel and Fraunhofer Diffraction, Method of Stationary Phases, Basics og Holography)
- Crystal Optics (Polarization, Anisotropic Media, Fresnel Equation, Applications)
- Classical Coherence Theory (Elementary Coherence Phenomena, Theory of Stochastic Processes, Correlation Functions)
- Quantum Optics and Quantum Optical Coherence Theory (Review of Quantum Mechanics, Quantization of the EM Field, Quantum Coherence Functions)

**Empfehlungen**
Solid mathematical background, good knowledge of classical electromagnetism and basic knowledge of quantum mechanics.

**Arbeitsaufwand**
180 hours composed of active time (45), wrap-up of the lecture incl. preparation of the examaintion and the excamination

**Literatur**
"Classical Electrodynamics" John David Jackson

"Theoretical Optics: An Introduction" Hartmann Römer

"Introduction to Fourier Optics" Joseph W. Goodman

"Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light" Emil Wolf

"The Quantum Theory of Light " Rodney Loudon

# M 3.234 Modul: Theoretical Quantum Optics [M-PHYS-105094]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Schwerpunktfach / Optik und Photonik (Wahl Optik und Photonik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik) (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Optik und Photonik (EV ab 01.10.2019)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie (EV ab 01.10.2019)

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-110303 | Theoretical Quantum Optics | 6 LP | Rockstuhl |

**Qualifikationsziele**
The students of quantum optics comprehend the physics of quantum optical phenomena, the necessary theoretical means for their description, and the application of quantum optical resources in different applications and technologies. They learn how to express quantum optical phenomena in a mathematical language and can apply routinely different techniques to study quantum optical phenomena in specific situations. They are trained to solve basic problems in quantum optics.

The students

- learn about the quantisation of electromagnetic fields,
- understands the details of different quantum states of light,
- get an overview over experiments that were important in the development of quantum optics,
- develop an understanding for the quantum optical description of the first and second order coherence functions, and
- understand and can routinely apply different means to describe the interaction of quantum states of light with quantum emitters.

**Voraussetzungen**
keine

**Inhalt**

- Quantization of the electromagnetic field
- Various quantum states of light fields: optical photon-number, coherent, squeezed, Schrödinger's cat states
- Classical and quantum coherence theory: photon bunching and antibunching
- Quantum description of optical interferometry: Mach-Zehnder interferometer with photons
- General description of open quantum system: master equation, Heisenberg-Langevin, and stochastic approaches
- Optical test of quantum mechanics: Hong-Ou-Mandel, quantum eraser, and Bell's theorem experiments
- Interaction of a single atom with a classical field and quantum field
- From Rabi model to Jaynes-Cummings model: the most simplest model to describe the light-matter interaction
- Quantum master equation approach: description of finite life time of atoms
- Weak and strong couplings (spontaneous emission, Purcell effect, resonance fluorescence, lasers, and Rabi oscillation)
- Interaction of an ensemble of atoms with a quantum field (Dicke and Tavis-Cummings models, and superradiance)
- Quantum optical applications (quantum cryptography, quantum teleportation, quantum metrology, etc.)

**Empfehlungen**
Interest in theoretical physics, good knowledge in quantum mechanics and electrodynamics/optics

**Arbeitsaufwand**
180 Stunden bestehend aus Präsenzzeiten (45), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen (135).

**Literatur**


- C. Gerry and P. Knight, *Introductory Quantum Optics*.
- M. O. Scully and M. S. Zubairy, *Quantum Optics*.
- M. Fox, *Quantum Optics: An Introduction*.
- R. Loudon, *The Quantum Theory of Light*.
- D.F. Walls and G. J. Milburn, *Quantum Optics*.
- P. Meystre and M. Sargent, *Elements of Quantum Optics*.
- W. Schleich, *Quantum Optics in Phase Space*.

# M 3.235 Modul: Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar [M-PHYS-102169]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102365 | Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar | 8 LP | Schug, Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
50% der in den Übungsblättern erreichbaren Punkte, Referat und Kurzvorträge im Rahmen der Vorlesung/Übung

**Qualifikationsziele**
Aufbau von Biopolymeren, Modelle und Simulation der Strukturbildung und Funktion von Biopolymeren, insbesondere Proteine und DNS. Kenntnis von Verfahren zur rechnergestützten Medikamentenentwicklung

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102170 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102171 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102172 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Fragestellungen aus dem Grenzgebiet zwischen Biologie, Chemie und Physik gewinnen zunehmend Bedeutung in der interdisziplinären Forschung. Theoretische Methoden der Biophysik und Biochemie können wesentlich dazu beitragen, biochemische Prozesse zu verstehen und zunehmend auch quantitativ zu beschreiben. Überlappend mit dem sich entwickelnden Gebiet der Bioinformatik erlauben physikalische Modelle die Analyse und zunehmend auch die Vorhersage fundamentaler biologischer Abläufe.

In dieser Vorlesung sollen die biophysikalischen Grundlagen und biochemischen Modelle für die Beschreibung von Proteinen/DNS/RNS erarbeitet werden: Proteine sind die Grundbausteine der Zelle, die für alle wesentlichen Prozesse von Pflanzen, Tieren und Menschen von Bedeutung sind. Sie werden im Gen durch DNS kodiert und als chemisch lineare Moleküle synthetisiert, falten und funktionieren jedoch in wohldefinierten dreidimensionalen Strukturen, deren Bildung und Dynamik behandelt werden soll. In dieser Vorlesung sollen die wichtigen biophysikalischen Grundlagen für die Modellierung von DNS und Proteinen vorgestellt und diskutiert werden. Darüber hinaus werden wichtige Anwendung dieser Verfahren, z.B. in der rechnergestützten Medikamentenentwicklung und in der Biotechnologie, vorgestellt.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Thermodynamik

**Lehr- und Lernformen**
2203031 Theoretische molekulare Biophysik

2203032 Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik

**Literatur**
Daume, Molecular Biophysics, Brandon & Tooze: Introduction to Protein Structure Weitere Titel werden in der Vorlesung genannt.

# M 3.236 Modul: Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) [M-PHYS-102170]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102420 | Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) | 8 LP | Schug, Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
50% der in den Übungsblättern erreichbaren Punkte, Referat und Kurzvorträge im Rahmen der Vorlesung/Übung

**Qualifikationsziele**
Aufbau von Biopolymeren, Modelle und Simulation der Strukturbildung und Funktion von Biopolymeren, insbesondere Proteine und DNS. Kenntnis von Verfahren zur rechnergestützten Medikamentenentwicklung

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102169 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102171 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102172 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Fragestellungen aus dem Grenzgebiet zwischen Biologie, Chemie und Physik gewinnen zunehmend Bedeutung in der interdisziplinären Forschung. Theoretische Methoden der Biophysik und Biochemie können wesentlich dazu beitragen, biochemische Prozesse zu verstehen und zunehmend auch quantitativ zu beschreiben. Überlappend mit dem sich entwickelnden Gebiet der Bioinformatik erlauben physikalische Modelle die Analyse und zunehmend auch die Vorhersage fundamentaler biologischer Abläufe.

In dieser Vorlesung sollen die biophysikalischen Grundlagen und biochemischen Modelle für die Beschreibung von Proteinen/DNS/RNS erarbeitet werden: Proteine sind die Grundbausteine der Zelle, die für alle wesentlichen Prozesse von Pflanzen, Tieren und Menschen von Bedeutung sind. Sie werden im Gen durch DNS kodiert und als chemisch lineare Moleküle synthetisiert, falten und funktionieren jedoch in wohldefinierten dreidimensionalen Strukturen, deren Bildung und Dynamik behandelt werden soll. In dieser Vorlesung sollen die wichtigen biophysikalischen Grundlagen für die Modellierung von DNS und Proteinen vorgestellt und diskutiert werden. Darüber hinaus werden wichtige Anwendung dieser Verfahren, z.B. in der rechnergestützten Medikamentenentwicklung und in der Biotechnologie, vorgestellt.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Thermodynamik

**Lehr- und Lernformen**
2203031 Theoretische molekulare Biophysik

2203032 Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik

**Literatur**
Daume, Molecular Biophysics, Brandon & Tooze: Introduction to Protein Structure Weitere Titel werden in der Vorlesung genannt.

# M 3.237 Modul: Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar [M-PHYS-102171]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Nanophysik (Wahl Nanophysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104473 | Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar | 6 LP | Schug, Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
50% der in den Übungsblättern erreichbaren Punkte

**Qualifikationsziele**
Aufbau von Biopolymeren, Modelle und Simulation der Strukturbildung und Funktion von Biopolymeren, insbesondere Proteine und DNS. Kenntnis von Verfahren zur rechnergestützten Medikamentenentwicklung

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102169 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102170 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102172 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Fragestellungen aus dem Grenzgebiet zwischen Biologie, Chemie und Physik gewinnen zunehmend Bedeutung in der interdisziplinären Forschung. Theoretische Methoden der Biophysik und Biochemie können wesentlich dazu beitragen, biochemische Prozesse zu verstehen und zunehmend auch quantitativ zu beschreiben. Überlappend mit dem sich entwickelnden Gebiet der Bioinformatik erlauben physikalische Modelle die Analyse und zunehmend auch die Vorhersage fundamentaler biologischer Abläufe.

In dieser Vorlesung sollen die biophysikalischen Grundlagen und biochemischen Modelle für die Beschreibung von Proteinen/DNS/RNS erarbeitet werden: Proteine sind die Grundbausteine der Zelle, die für alle wesentlichen Prozesse von Pflanzen, Tieren und Menschen von Bedeutung sind. Sie werden im Gen durch DNS kodiert und als chemisch lineare Moleküle synthetisiert, falten und funktionieren jedoch in wohldefinierten dreidimensionalen Strukturen, deren Bildung und Dynamik behandelt werden soll. In dieser Vorlesung sollen die wichtigen biophysikalischen Grundlagen für die Modellierung von DNS und Proteinen vorgestellt und diskutiert werden. Darüber hinaus werden wichtige Anwendung dieser Verfahren, z.B. in der rechnergestützten Medikamentenentwicklung und in der Biotechnologie, vorgestellt.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Thermodynamik

**Lehr- und Lernformen**
2203031 Theoretische molekulare Biophysik

2203032 Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik

**Literatur**
Daume, Molecular Biophysics, Brandon & Tooze: Introduction to Protein Structure Weitere Titel werden in der Vorlesung genannt.

# M 3.238 Modul: Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) [M-PHYS-102172]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Nanophysik
Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Unregelmäßig | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104474 | Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) | 6 LP | Schug, Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
50% der in den Übungsblättern erreichbaren Punkte

**Qualifikationsziele**
Aufbau von Biopolymeren, Modelle und Simulation der Strukturbildung und Funktion von Biopolymeren, insbesondere Proteine und DNS. Kenntnis von Verfahren zur rechnergestützten Medikamentenentwicklung

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102169 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102170 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102171 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Fragestellungen aus dem Grenzgebiet zwischen Biologie, Chemie und Physik gewinnen zunehmend Bedeutung in der interdisziplinären Forschung. Theoretische Methoden der Biophysik und Biochemie können wesentlich dazu beitragen, biochemische Prozesse zu verstehen und zunehmend auch quantitativ zu beschreiben. Überlappend mit dem sich entwickelnden Gebiet der Bioinformatik erlauben physikalische Modelle die Analyse und zunehmend auch die Vorhersage fundamentaler biologischer Abläufe.

In dieser Vorlesung sollen die biophysikalischen Grundlagen und biochemischen Modelle für die Beschreibung von Proteinen/DNS/RNS erarbeitet werden: Proteine sind die Grundbausteine der Zelle, die für alle wesentlichen Prozesse von Pflanzen, Tieren und Menschen von Bedeutung sind. Sie werden im Gen durch DNS kodiert und als chemisch lineare Moleküle synthetisiert, falten und funktionieren jedoch in wohldefinierten dreidimensionalen Strukturen, deren Bildung und Dynamik behandelt werden soll. In dieser Vorlesung sollen die wichtigen biophysikalischen Grundlagen für die Modellierung von DNS und Proteinen vorgestellt und diskutiert werden. Darüber hinaus werden wichtige Anwendung dieser Verfahren, z.B. in der rechnergestützten Medikamentenentwicklung und in der Biotechnologie, vorgestellt.

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Thermodynamik

**Lehr- und Lernformen**
2203031 Theoretische molekulare Biophysik

2203032 Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik

**Literatur**
Daume, Molecular Biophysics, Brandon & Tooze: Introduction to Protein Structure Weitere Titel werden in der Vorlesung genannt.

# M 3.239 Modul: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen [M-PHYS-102033]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Pflicht Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102544 | Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen | 12 LP | Melnikov, Steinhauser, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Relativistischen Quantenfeldheorie eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen und die Rechenmethoden anwenden lernen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkts-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102034 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102035 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102036 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102037 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102038 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Klassische Feldtheorie; Kanonische Quantisierung von von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Störungstheorie, Greensche Funktionen und Feynmandiagramme; Berechnung von Wirkungsquerschnitten; Quantenelektrodynamik als Eichtheorie; Spontane Symmetriebrechung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Relativitätstheorie (im Umfang bis Theorie E)

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**

- M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum FField Theory
- L. Ryder, Quantum Field Theory

# M 3.240 Modul: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102037]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102540 | Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) | 12 LP | Melnikov, Steinhauser, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Relativistischen Quantenfeldheorie eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen und die Rechenmethoden anwenden lernen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkts-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102033 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102034 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102035 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102036 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102038 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Klassische Feldtheorie; Kanonische Quantisierung von von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Störungstheorie, Greensche Funktionen und Feynmandiagramme; Berechnung von Wirkungsquerschnitten; Quantenelektrodynamik als Eichtheorie; Spontane Symmetriebrechung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Relativitätstheorie (im Umfang bis Theorie E)

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**

- M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum FField Theory
- L. Ryder, Quantum Field Theory

# M 3.241 Modul: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen [M-PHYS-102035]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Pflicht Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102546 | Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen | 8 LP | Melnikov, Steinhauser, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Relativistischen Quantenfeldheorie eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen und die Rechenmethoden anwenden lernen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkts-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102033 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102034 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102036 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102037 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102038 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Klassische Feldtheorie; Kanonische Quantisierung von von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Störungstheorie, Greensche Funktionen und Feynmandiagramme; Berechnung von Wirkungsquerschnitten; Quantenelektrodynamik als Eichtheorie; Spontane Symmetriebrechung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Relativitätstheorie (im Umfang bis Theorie E)

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung

**Literatur**

- M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum FField Theory
- L. Ryder, Quantum Field Theory

# M 3.242 Modul: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen [M-PHYS-102034]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Pflicht Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102545 | Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen | 8 LP | Melnikov, Steinhauser, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Relativistischen Quantenfeldheorie eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen und die Rechenmethoden anwenden lernen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkts-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102033 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102035 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102036 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102037 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102038 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Klassische Feldtheorie; Kanonische Quantisierung von von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Störungstheorie, Greensche Funktionen und Feynmandiagramme; Berechnung von Wirkungsquerschnitten; Quantenelektrodynamik als Eichtheorie; Spontane Symmetriebrechung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Relativitätstheorie (im Umfang bis Theorie E)

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**

- M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory
- L. Ryder, Quantum Field Theory

# M 3.243 Modul: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102038]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102541 | Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) | 8 LP | Melnikov, Steinhauser, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Relativistischen Quantenfeldheorie eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen und die Rechenmethoden anwenden lernen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkts-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102033 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102034 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102035 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102036 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102037 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Klassische Feldtheorie; Kanonische Quantisierung von von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Störungstheorie, Greensche Funktionen und Feynmandiagramme; Berechnung von Wirkungsquerschnitten; Quantenelektrodynamik als Eichtheorie; Spontane Symmetriebrechung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Relativitätstheorie (im Umfang bis Theorie E)

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Literatur**

- M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum FField Theory
- L. Ryder, Quantum Field Theory

# M 3.244 Modul: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen [M-PHYS-102036]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102547 | Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen | 6 LP | Melnikov, Steinhauser, Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Der/die Studierende soll in die Grundbegriffe der Relativistischen Quantenfeldheorie eingeführt werden, die relevanten theoretischen Konzepte beherrschen und die Rechenmethoden anwenden lernen.

**Zusammensetzung der Modulnote**
Entsprechend den Regeln der Prüfungsordnung und des Studienplans je nach Verwendung als Schwerpunkts-, Ergänzungs- oder Nebenfach.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102033 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102034 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102035 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102037 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
5. Das Modul M-PHYS-102038 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Klassische Feldtheorie; Kanonische Quantisierung von von Boson-, Fermion- und Vektorfeldern; Störungstheorie, Greensche Funktionen und Feynmandiagramme; Berechnung von Wirkungsquerschnitten; Quantenelektrodynamik als Eichtheorie; Spontane Symmetriebrechung

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Elektrodynamik, Quantenmechanik und Relativitätstheorie (im Umfang bis Theorie E)

**Arbeitsaufwand**
180 h bestehend aus Präsenzzeiten (45 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung

**Literatur**

- M. Peskin and D. Schroeder, An Introduction to Quantum FField Theory
- L. Ryder, Quantum Field Theory

# M 3.245 Modul: Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen [M-PHYS-102048]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102554 | Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen | 8 LP | Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Studierende sollen in die Grundbegriffe von nicht-abelschen Eichtheorien und ihre Anwendung in der Teilchenphysik eingeführt werden und die relevanten theoretischen Konzepte und Rechenmethoden beherrschen lernen. In der Übung sollen die Studierenden konkrete Probleme der Theoretischen Teilchenphysik lösen lernen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102044 - Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102046 - Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Im Hauptteil der Vorlesung werden nicht-abelsche Eichtheorien und ihre Anwendung in der Elementarteilchenphysik besprochen. Das Themenfeld beinhaltet die Lagrangedichten der QCD und des elektroschwachen Standardmodels, die daraus folgenden Feynmanregeln und störungstheoretische Berechnungen von Raten für Prozesse mit Quarks und Gluonen, Regularisierung von ultravioletten und infraroten Divergenzen, Renormierung und Anwendungen der Renormierungsgruppe, QCD Beta-Funktion und asymptotische Freiheit, kollineare und weiche Divergenzen und Parton-Schauer, QCD-Effekte in der schwachen Wechselwirkung und Anomalien in Eichtheorien.

**Empfehlungen**
Theoretische Teilchenphysik I

# M 3.246 Modul: Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen [M-PHYS-102046]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theoretische Teilchenphysik (Wahl Theoretische Teilchenphysik)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102552 | Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen | 12 LP | Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Studierende sollen in die Grundbegriffe von nicht-abelschen Eichtheorien und ihre Anwendung in der Teilchenphysik eingeführt werden und die relevanten theoretischen Konzepte und Rechenmethoden beherrschen lernen. In der Übung sollen die Studierenden konkrete Probleme der Theoretischen Teilchenphysik lösen lernen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102044 - Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102048 - Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Im Hauptteil der Vorlesung werden nicht-abelsche Eichtheorien und ihre Anwendung in der Elementarteilchenphysik besprochen. Das Themenfeld beinhaltet die Lagrangedichten der QCD und des elektroschwachen Standardmodels, die daraus folgenden Feynmanregeln und störungstheoretische Berechnungen von Raten für Prozesse mit Quarks und Gluonen, Regularisierung von ultravioletten und infraroten Divergenzen, Renormierung und Anwendungen der Renormierungsgruppe, QCD Beta-Funktion und asymptotische Freiheit, kollineare und weiche Divergenzen und Parton-Schauer, QCD-Effekte in der schwachen Wechselwirkung und Anomalien in Eichtheorien.

**Empfehlungen**
Theoretische Teilchenphysik I

# M 3.247 Modul: Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) [M-PHYS-102044]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theoretische Teilchenphysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102548 | Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) | 12 LP | Zeppenfeld |

**Qualifikationsziele**
Studierende sollen in die Grundbegriffe von nicht-abelschen Eichtheorien und ihre Anwendung in der Teilchenphysik eingeführt werden und die relevanten theoretischen Konzepte und Rechenmethoden beherrschen lernen. In der Übung sollen die Studierenden konkrete Probleme der Theoretischen Teilchenphysik lösen lernen unter Anwendung des in der Vorlesung vermittelten Faktenwissens.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102046 - Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102048 - Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Im Hauptteil der Vorlesung werden nicht-abelsche Eichtheorien und ihre Anwendung in der Elementarteilchenphysik besprochen. Das Themenfeld beinhaltet die Lagrangedichten der QCD und des elektroschwachen Standardmodels, die daraus folgenden Feynmanregeln und störungstheoretische Berechnungen von Raten für Prozesse mit Quarks und Gluonen, Regularisierung von ultravioletten und infraroten Divergenzen, Renormierung und Anwendungen der Renormierungsgruppe, QCD Beta-Funktion und asymptotische Freiheit, kollineare und weiche Divergenzen und Parton-Schauer, QCD-Effekte in der schwachen Wechselwirkung und Anomalien in Eichtheorien.

**Empfehlungen**
Theoretische Teilchenphysik I

# M 3.248 Modul: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen [M-PHYS-102054]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Pflicht Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102559 | Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen | 8 LP | Shnirman |

**Qualifikationsziele**
Einführung in die Theorie der kondensierten Materie sowie weitere Vertiefung in dem Gebiet; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102051 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102052 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102053 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Vorlesungen und Übungen vermitteln bzw. vertiefen die grundlegenden Konzepte der Theorie der kondensierter Materie, wobei kristallinen Festkörpern besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Vorlesung sind:

- Kristallgitter, Elektronen im periodischen Potential, Dynamik von Bloch-Elektronen;
- Elektronische Transporteigenschaften von Festkörpern, Boltzmann-Gleichung;
- Festkörper im äußeren Magnetfeld: Pauli-Paramagnetismus, Landau-Diamagnetismus, de Haas-van Alphen-Effekt
- Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Stoner-Theorie des Ferromagnetismus; Landau-Theorie von Fermi-Flüssigkeiten;
- Phononen und Elektron-Phonon-Wechselwirkung;
- Supraleitung: BCS-Theorie, Elektrodynamik von Supraleitern, Ginzburg-Landau-Theorie

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, der statistichen Physik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenburg, 1980) / Introduction to Solid State Physics.
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids.
- N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics (Holt, Rinehart & Winston, N.Y 1976).
- J.H. Ziman, Principles of the Theory of Solids (Cambridge, Univ. Press, 1972).
- A. A. Abrikosov, Fundamentals of the Theory of Metals

# M 3.249 Modul: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) [M-PHYS-102052]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Prof. Dr. Alexander Mirlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102557 | Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) | 8 LP | Shnirman |

**Qualifikationsziele**
Einführung in die Theorie der kondensierten Materie sowie weitere Vertiefung in dem Gebiet; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102051 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102053 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102054 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Vorlesungen und Übungen vermitteln bzw. vertiefen die grundlegenden Konzepte der Theorie der kondensierter Materie, wobei kristallinen Festkörpern besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Vorlesung sind:

- Kristallgitter, Elektronen im periodischen Potential, Dynamik von Bloch-Elektronen;
- Elektronische Transporteigenschaften von Festkörpern, Boltzmann-Gleichung;
- Festkörper im äußeren Magnetfeld: Pauli-Paramagnetismus, Landau-Diamagnetismus, de Haas-van Alphen-Effekt
- Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Stoner-Theorie des Ferromagnetismus; Landau-Theorie von Fermi-Flüssigkeiten;
- Phononen und Elektron-Phonon-Wechselwirkung;
- Supraleitung: BCS-Theorie, Elektrodynamik von Supraleitern, Ginzburg-Landau-Theorie

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, der statistichen Physik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenburg, 1980) / Introduction to Solid State Physics.
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids.
- N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics (Holt, Rinehart & Winston, N.Y 1976).
- J.H. Ziman, Principles of the Theory of Solids (Cambridge, Univ. Press, 1972).
- A. A. Abrikosov, Fundamentals of the Theory of Metals

# M 3.250 Modul: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen [M-PHYS-102053]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Pflicht Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102558 | Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen | 12 LP | Shnirman |

**Qualifikationsziele**
Einführung in die Theorie der kondensierten Materie sowie weitere Vertiefung in dem Gebiet; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102051 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102052 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102054 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Vorlesungen und Übungen vermitteln bzw. vertiefen die grundlegenden Konzepte der Theorie der kondensierter Materie, wobei kristallinen Festkörpern besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Vorlesung sind:

- Kristallgitter, Elektronen im periodischen Potential, Dynamik von Bloch-Elektronen;
- Elektronische Transporteigenschaften von Festkörpern, Boltzmann-Gleichung;
- Festkörper im äußeren Magnetfeld: Pauli-Paramagnetismus, Landau-Diamagnetismus, de Haas-van Alphen-Effekt
- Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Stoner-Theorie des Ferromagnetismus; Landau-Theorie von Fermi-Flüssigkeiten;
- Phononen und Elektron-Phonon-Wechselwirkung;
- Supraleitung: BCS-Theorie, Elektrodynamik von Supraleitern, Ginzburg-Landau-Theorie

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, der statistichen Physik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenburg, 1980) / Introduction to Solid State Physics.
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids.
- N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics (Holt, Rinehart & Winston, N.Y 1976).
- J.H. Ziman, Principles of the Theory of Solids (Cambridge, Univ. Press, 1972).
- A. A. Abrikosov, Fundamentals of the Theory of Metals

# M 3.251 Modul: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) [M-PHYS-102051]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Prof. Dr. Alexander Mirlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Wintersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102556 | Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) | 12 LP | Shnirman |

**Qualifikationsziele**
Einführung in die Theorie der kondensierten Materie sowie weitere Vertiefung in dem Gebiet; Erlangen von Wissen über wichtigste Phänomene und Konzepte.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102052 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102053 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102054 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Vorlesungen und Übungen vermitteln bzw. vertiefen die grundlegenden Konzepte der Theorie der kondensierter Materie, wobei kristallinen Festkörpern besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Vorlesung sind:

- Kristallgitter, Elektronen im periodischen Potential, Dynamik von Bloch-Elektronen;
- Elektronische Transporteigenschaften von Festkörpern, Boltzmann-Gleichung;
- Festkörper im äußeren Magnetfeld: Pauli-Paramagnetismus, Landau-Diamagnetismus, de Haas-van Alphen-Effekt
- Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Stoner-Theorie des Ferromagnetismus; Landau-Theorie von Fermi-Flüssigkeiten;
- Phononen und Elektron-Phonon-Wechselwirkung;
- Supraleitung: BCS-Theorie, Elektrodynamik von Supraleitern, Ginzburg-Landau-Theorie

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, der statistichen Physik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

**Literatur**

- C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik (Oldenburg, 1980) / Introduction to Solid State Physics.
- C. Kittel, Quantum Theory of Solids.
- N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics (Holt, Rinehart & Winston, N.Y 1976).
- J.H. Ziman, Principles of the Theory of Solids (Cambridge, Univ. Press, 1972).
- A. A. Abrikosov, Fundamentals of the Theory of Metals

# M 3.252 Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen [M-PHYS-103331]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-106676 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen | 2 LP | Garst, Narozhnyy, Schmalian |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen und beherrschen die Grundlagen der feldtheoretischen Methoden der Untersuchung von Vielteilchensystemen. Sie erlernen die Modellbildung für Probleme im Bereich der Kondensierten Materie und können den Formalismus der Green'schen Funktionen auf diese Modelle anwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102308 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102312 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102313 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-102314 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung:

1. Green'sche Funktionen für nichtwechselwirkende Teilchen
2. Vielteilchen-Green-Funktionen
3. Feynman-Diagrammatik (wechselwirkende Fermionen, Fermi-Flüssigkeit, Kollektive Anregungen)

**Empfehlungen**
In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Lehr- und Lernformen**
4024111 Vorlesung 1 SWS;B. Narozhny

**Literatur**

- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinskii, Methods of QFT in statistical physics
- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, Statistische Physik, Teil II (Lehrbuch der theoretischenPhysik, Bd IX)
- G.D. Mahan, Many-particle physics
- A.L. Fetter, J.D. Valecka, Quantum theory of many-particle systems.
- J.W. Negele, H. Orland, Quantum many-particle sysytems.
- J.R. Schrieffer, Theory of superconductivity.
- A. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory.
- T. Giamarchi, Quantum physics in one dimension.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.
- G. Giuliani, G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid.

# M 3.253 Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen [M-PHYS-102313]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104591 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen | 8 LP | Garst, Narozhnyy, Schmalian |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen und beherrschen die Grundlagen der feldtheoretischen Methoden der Untersuchung von Vielteilchensystemen. Sie erlernen die Modellbildung für Probleme im Bereich der Kondensierten Materie und können den Formalismus der Green'schen Funktionen auf diese Modelle anwenden. Ausserdem haben die Studierenden die Kompetenz, das Erlernte auf kompliziertere Systeme anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102308 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102312 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102314 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-103331 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung:

1. Green'sche Funktionen für nichtwechselwirkende Teilchen
2. Vielteilchen-Green-Funktionen
3. Feynman-Diagrammatik (wechselwirkende Fermionen, Fermi-Flüssigkeit, Kollektive Anregungen)
4. Green'sche Funktionen und Diagramm-Technik bei endlichen Temperaturen (Matsubara-Diagrammatik)
5. Funktionale Formulierung der Vielteilchentheorie
6. Supraleitende Systeme
7. Nichtgleichgewicht-Systeme und Keldysh-Diagrammatik
8. Vielteilchensysteme in einer Dimension
9. Kondo-Effekt
10. Stark korrelierte Elektronen: Hubbard-Modell und Mott-Metall-Isolator-Übergang
11. Einführung in die mesoskopische Physik

**Empfehlungen**
In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Lehr- und Lernformen**
4024111 Vorlesung 3 SWS; Schamalian

4024112 Übung 1 SWS; Schamalian

**Literatur**


- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinskii, Methods of QFT in statistical physics
- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, Statistische Physik, Teil II (Lehrbuch der theoretischenPhysik, Bd IX)
- G.D. Mahan, Many-particle physics
- A.L. Fetter, J.D. Valecka, Quantum theory of many-particle systems.
- J.W. Negele, H. Orland, Quantum many-particle sysytems.
- J.R. Schrieffer, Theory of superconductivity.
- A. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory.
- T. Giamarchi, Quantum physics in one dimension.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.
- G. Giuliani, G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid.

# M 3.254 Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) [M-PHYS-102314]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104592 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) | 8 LP | Garst, Narozhnyy, Schmalian |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen und beherrschen die Grundlagen der feldtheoretischen Methoden der Untersuchung von Vielteilchensystemen. Sie erlernen die Modellbildung für Probleme im Bereich der Kondensierten Materie und können den Formalismus der Green'schen Funktionen auf diese Modelle anwenden. Ausserdem haben die Studierenden die Kompetenz, das Erlernte auf kompliziertere Systeme anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102308 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102312 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102313 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-103331 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung:

1. Green'sche Funktionen für nichtwechselwirkende Teilchen
2. Vielteilchen-Green-Funktionen
3. Feynman-Diagrammatik (wechselwirkende Fermionen, Fermi-Flüssigkeit, Kollektive Anregungen)
4. Green'sche Funktionen und Diagramm-Technik bei endlichen Temperaturen (Matsubara-Diagrammatik)
5. Funktionale Formulierung der Vielteilchentheorie
6. Supraleitende Systeme
7. Nichtgleichgewicht-Systeme und Keldysh-Diagrammatik
8. Vielteilchensysteme in einer Dimension
9. Kondo-Effekt
10. Stark korrelierte Elektronen: Hubbard-Modell und Mott-Metall-Isolator-Übergang
11. Einführung in die mesoskopische Physik

**Empfehlungen**
In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Arbeitsaufwand**
240 h bestehend aus Präsenzzeiten (60 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4024111 Vorlesung 3 SWS; Schamalian

4024112 Übung 1 SWS; Schamalian

**Literatur**


- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinskii, Methods of QFT in statistical physics
- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, Statistische Physik, Teil II (Lehrbuch der theoretischenPhysik, Bd IX)
- G.D. Mahan, Many-particle physics
- A.L. Fetter, J.D. Valecka, Quantum theory of many-particle systems.
- J.W. Negele, H. Orland, Quantum many-particle sysytems.
- J.R. Schrieffer, Theory of superconductivity.
- A. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory.
- T. Giamarchi, Quantum physics in one dimension.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.
- G. Giuliani, G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid.

# M 3.255 Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen [M-PHYS-102308]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Schwerpunktfach / Theorie der Kondensierten Materie (Wahl Theorie der Kondensierten Materie)
Physikalisches Ergänzungsfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102560 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen | 12 LP | Garst, Narozhnyy, Schmalian |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen und beherrschen die Grundlagen der feldtheoretischen Methoden der Untersuchung von Vielteilchensystemen. Sie erlernen die Modellbildung für Probleme im Bereich der Kondensierten Materie und können den Formalismus der Green'schen Funktionen auf diese Modelle anwenden. Ausserdem haben die Studierenden die Kompetenz, das Erlernte auf kompliziertere Systeme anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102312 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102313 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102314 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-103331 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung:

1. Green'sche Funktionen für nichtwechselwirkende Teilchen
2. Vielteilchen-Green-Funktionen
3. Feynman-Diagrammatik (wechselwirkende Fermionen, Fermi-Flüssigkeit, Kollektive Anregungen)
4. Green'sche Funktionen und Diagramm-Technik bei endlichen Temperaturen (Matsubara-Diagrammatik)
5. Funktionale Formulierung der Vielteilchentheorie
6. Supraleitende Systeme
7. Nichtgleichgewicht-Systeme und Keldysh-Diagrammatik
8. Vielteilchensysteme in einer Dimension
9. Kondo-Effekt
10. Stark korrelierte Elektronen: Hubbard-Modell und Mott-Metall-Isolator-Übergang
11. Einführung in die mesoskopische Physik

**Empfehlungen**
In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4024111 Vorlesung 4 SWS;Schamalian

4024112 Übung 2 SWS; Schamalian

**Literatur**


- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinskii, Methods of QFT in statistical physics
- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, Statistische Physik, Teil II (Lehrbuch der theoretischenPhysik, Bd IX)
- G.D. Mahan, Many-particle physics
- A.L. Fetter, J.D. Valecka, Quantum theory of many-particle systems.
- J.W. Negele, H. Orland, Quantum many-particle sysytems.
- J.R. Schrieffer, Theory of superconductivity.
- A. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory.
- T. Giamarchi, Quantum physics in one dimension.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.
- G. Giuliani, G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid.

# M 3.256 Modul: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) [M-PHYS-102312]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Theorie der Kondensierten Materie

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Deutsch | 4 | 1 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-102562 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) | 12 LP | Garst, Narozhnyy, Schmalian |

**Qualifikationsziele**
Die Studierenden kennen und beherrschen die Grundlagen der feldtheoretischen Methoden der Untersuchung von Vielteilchensystemen. Sie erlernen die Modellbildung für Probleme im Bereich der Kondensierten Materie und können den Formalismus der Green'schen Funktionen auf diese Modelle anwenden. Ausserdem haben die Studierenden die Kompetenz, das Erlernte auf kompliziertere Systeme anzuwenden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102308 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen darf nicht begonnen worden sein.
2. Das Modul M-PHYS-102313 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen darf nicht begonnen worden sein.
3. Das Modul M-PHYS-102314 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) darf nicht begonnen worden sein.
4. Das Modul M-PHYS-103331 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**
Voraussichtliche Struktur der Vorlesung:

1. Green'sche Funktionen für nichtwechselwirkende Teilchen
2. Vielteilchen-Green-Funktionen
3. Feynman-Diagrammatik (wechselwirkende Fermionen, Fermi-Flüssigkeit, Kollektive Anregungen)
4. Green'sche Funktionen und Diagramm-Technik bei endlichen Temperaturen (Matsubara-Diagrammatik)
5. Funktionale Formulierung der Vielteilchentheorie
6. Supraleitende Systeme
7. Nichtgleichgewicht-Systeme und Keldysh-Diagrammatik
8. Vielteilchensysteme in einer Dimension
9. Kondo-Effekt
10. Stark korrelierte Elektronen: Hubbard-Modell und Mott-Metall-Isolator-Übergang
11. Einführung in die mesoskopische Physik

**Empfehlungen**
In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

**Arbeitsaufwand**
360 h bestehend aus Präsenzzeiten (90 h), Nachbereitung der Vorlesung inkl. Prüfungsvorbereitung und Bearbeitung der Übungen

**Lehr- und Lernformen**
4024111 Vorlesung 4 SWS; Schamalian

4024112 Übung 2 SWS; Schamalian

**Literatur**


- A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, I.E. Dzyaloshinskii, Methods of QFT in statistical physics
- L.D. Landau, E.M. Lifschitz, Statistische Physik, Teil II (Lehrbuch der theoretischenPhysik, Bd IX)
- G.D. Mahan, Many-particle physics
- A.L. Fetter, J.D. Valecka, Quantum theory of many-particle systems.
- J.W. Negele, H. Orland, Quantum many-particle sysytems.
- J.R. Schrieffer, Theory of superconductivity.
- A. Altland, B. Simons, Condensed matter field theory.
- T. Giamarchi, Quantum physics in one dimension.
- A. Kamenev, Field theory of non-equilibrium systems.
- G. Giuliani, G. Vignale, Quantum Theory of the Electron Liquid.

# M 3.257 Modul: Theorie seismischer Wellen [M-PHYS-102367]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Friedemann Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Ergänzungsfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104736 | Theorie seismischer Wellen | 6 LP | Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the oral exam (approx. 45 minutes) must be passed. As prerequisites the examinations of other type must be passed, based on successful participation of the exercises. Each exercise deals with a specific topic (e.g., stress and strain tensors, Zoeppritz equations, or rays) and is based on solving a given theoretical problem by means of calculus. In some cases equations and solutions need to be visualized using Matlab (or equivalent tools).

**Qualifikationsziele**
The students know the fundamental laws and equations of linear elasticity and wave propagation. They understand wave propagation phenomena such as source effects, reflection and transmission or the effects of anisotropy, absorption, dispersion and scattering and can describe them in mathematical terms. They are able to apply the concepts and equations to theoretical problems and relate the theory to phenomena observed in field data.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102657 - Theorie seismischer Wellen (NF) darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Theory of elasticity, stress and strain, elastic tensor, fundamental laws and equations
- Anisotropic elastic wave equation and various simplifications
- Mathematical description of sources, near-field and far-field terms
- Boundary conditions
- Reflection and transmission of plane waves at plane interfaces, Zoeppritz equations
- Surface waves, dispersion relation, phase and group velocity
- Introduction to ray theory, eikonal and transport equations and their solutions
- Absorption and dispersion
- Wave propagation in anisotropic media
- Scattering

**Empfehlungen**
Knowledge of differential and vector calculus is essential. Familiarity with Matlab (alternatively Python or Mathematica) is beneficial for certain exercises.

**Literatur**


- Aki and Richards, "Quantitative Seismology", 2003, University Science Books.
- Ben-Menahem and Singh, "Seismic waves and sources", 1981, Springer.
- Dahlen and Tromp, "Theoretical Global Seismology", 1998, Princeton University Press.
- Frank Hadsell, "Tensors of Geophysics for Mavericks and Mongrels", 1995, Society of Exploration Geophysicists.

# M 3.258 Modul: Theorie seismischer Wellen (NF) [M-PHYS-102657]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Friedemann Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Physikalisches Nebenfach / Geophysik

| Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Sprache | Level | Version |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Jedes Sommersemester | 1 Semester | Englisch | 4 | 2 |

| Pflichtbestandteile | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-105571 | Theorie seismischer Wellen (NF) | 6 LP | Wenzel |

**Erfolgskontrolle(n)**
To pass the module, the examinations of other type must be passed, based on successful participation of the exercises. Each exercise deals with a specific topic (e.g., stress and strain tensors, Zoeppritz equations, or rays) and is based on solving a given theoretical problem by means of calculus. In some cases equations and solutions need to be visualized using Matlab (or equivalent tools).

**Qualifikationsziele**
The students know the fundamental laws and equations of linear elasticity and wave propagation. They understand wave propagation phenomena such as source effects, reflection and transmission or the effects of anisotropy, absorption, dispersion and scattering and can describe them in mathematical terms. They are able to apply the concepts and equations to theoretical problems and relate the theory to phenomena observed in field data.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Das Modul M-PHYS-102367 - Theorie seismischer Wellen darf nicht begonnen worden sein.

**Inhalt**

- Theory of elasticity, stress and strain, elastic tensor, fundamental laws and equations
- Anisotropic elastic wave equation and various simplifications
- Mathematical description of sources, near-field and far-field terms
- Boundary conditions
- Reflection and transmission of plane waves at plane interfaces, Zoeppritz equations
- Surface waves, dispersion relation, phase and group velocity
- Introduction to ray theory, eikonal and transport equations and their solutions
- Absorption and dispersion
- Wave propagation in anisotropic media
- Scattering

**Empfehlungen**
Knowledge of differential and vector calculus is essential. Familiarity with Matlab (alternatively Python or Mathematica) is beneficial for certain exercises.

**Lehr- und Lernformen**
V+Ü, 3 SWS

**Literatur**


- Aki and Richards, "Quantitative Seismology", 2003, University Science Books.
- Ben-Menahem and Singh, "Seismic waves and sources", 1981, Springer.
- Dahlen and Tromp, "Theoretical Global Seismology", 1998, Princeton University Press.
- Frank Hadsell, "Tensors of Geophysics for Mavericks and Mongrels", 1995, Society of Exploration Geophysicists.

# M 3.259 Modul: Überfachliche Qualifikationen [M-PHYS-101394]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** Überfachliche Qualifikationen

| Leistungspunkte | Turnus | Level | Version |
|---|---|---|---|
| 4 | Einmalig | 4 | 1 |

| Wahlpflichtblock: Wahl überfachliche Qualifikationen (mind. 4 LP) | | | |
|---|---|---|---|
| T-PHYS-104675 | Platzhalter Überfachliche Qualifikation 2 LP - benotet | 2 LP | |
| T-PHYS-104677 | Platzhalter Überfachliche Qualifikation 2 LP - unbenotet | 2 LP | |

**Voraussetzungen**
keine

# 4 Teilleistungen

## T 4.1 Teilleistung: Advanced Numerical Weather Prediction [T-PHYS-109139]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Peter Knippertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4052051 | Advanced Numerical Weather Prediction | 2 SWS | Vorlesung (V) | Knippertz |

**Voraussetzungen**
none

## T 4.2 Teilleistung: Advanced Topics in Flavour Physics [T-PHYS-108476]

**Verantwortung:** Dr. Monika Blanke
Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104090 - Advanced Topics in Flavour Physics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.3 Teilleistung: Allgemeine Relativitätstheorie [T-PHYS-102395]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102319 - Allgemeine Relativitätstheorie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.4 Teilleistung: Allgemeine Relativitätstheorie (NF) [T-PHYS-102446]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102320 - Allgemeine Relativitätstheorie (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.5 Teilleistung: Allgemeine Relativitätstheorie II [T-PHYS-106678]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103333 - Allgemeine Relativitätstheorie II

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4026131 | General Relativity II | 3 SWS | Vorlesung (V) | Klinkhamer |
| SS 2019 | 4026132 | Exercises to General Relativity II | 2 SWS | Übung (Ü) | Klinkhamer, Emelyanov |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.6 Teilleistung: Allgemeine Relativitätstheorie II (NF) [T-PHYS-106679]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103334 - Allgemeine Relativitätstheorie II (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4026131 | General Relativity II | 3 SWS | Vorlesung (V) | Klinkhamer |
| SS 2019 | 4026132 | Exercises to General Relativity II | 2 SWS | Übung (Ü) | Klinkhamer, Emelyanov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.7 Teilleistung: Array Processing [T-PHYS-104733]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102366 - Array Processing

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.8 Teilleistung: Array Processing (NF) [T-PHYS-105570]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102656 - Array Processing (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.9 Teilleistung: Astroteilchenphysik I [T-PHYS-102432]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102075 - Astroteilchenphysik I

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022011 | Astroteilchenphysik I: Dunkle Materie | 3 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Valerius |
| WS 19/20 | 4022012 | Übungen zur Astroteilchenphysik I: Dunkle Materie | 1 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Hiller, Seitz-Moskaliuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.10 Teilleistung: Astroteilchenphysik I (NF) [T-PHYS-104379]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102076 - Astroteilchenphysik I (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022011 | Astroteilchenphysik I: Dunkle Materie | 3 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Valerius |
| WS 19/20 | 4022012 | Übungen zur Astroteilchenphysik I: Dunkle Materie | 1 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Hiller, Seitz-Moskaliuk |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.11 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen [T-PHYS-105109]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102526 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022131 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Unger |
| SS 2019 | 4022132 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Übung (Ü) | Engel, Veberic |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.12 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-106318]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103185 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022131 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Unger |
| SS 2019 | 4022132 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Übung (Ü) | Engel, Veberic |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.13 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen [T-PHYS-102383]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102080 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022131 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Unger |
| SS 2019 | 4022132 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Übung (Ü) | Engel, Veberic |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.14 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-104382]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102084 - Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022131 | Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Unger |
| SS 2019 | 4022132 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Gammastrahlung | 2 SWS | Übung (Ü) | Engel, Veberic |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.15 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen [T-PHYS-105108]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Dr. Markus Roth

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102525 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022041 | Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Veberic |
| WS 19/20 | 4022042 | Übungen zu Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 1 SWS | Übung (Ü) | Engel, Unger |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.16 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-106317]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Dr. Markus Roth

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103184 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022041 | Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Veberic |
| WS 19/20 | 4022042 | Übungen zu Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 1 SWS | Übung (Ü) | Engel, Unger |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.17 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen [T-PHYS-102382]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Markus Roth

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102078 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022041 | Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Veberic |
| WS 19/20 | 4022042 | Übungen zu Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 1 SWS | Übung (Ü) | Engel, Unger |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.18 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-104380]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ralph Engel
Markus Roth

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102082 - Astroteilchenphysik II - Kosmische Strahlung, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022041 | Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 2 SWS | Vorlesung (V) | Engel, Veberic |
| WS 19/20 | 4022042 | Übungen zu Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung | 1 SWS | Übung (Ü) | Engel, Unger |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.19 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen [T-PHYS-105110]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102527 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022111 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Valerius |
| SS 2019 | 4022112 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Seitz-Moskaliuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.20 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-106319]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103186 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022111 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Valerius |
| SS 2019 | 4022112 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Seitz-Moskaliuk |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.21 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen [T-PHYS-102498]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102081 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022111 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Valerius |
| SS 2019 | 4022112 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Seitz-Moskaliuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.22 Teilleistung: Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-104383]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102086 - Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022111 | Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Valerius |
| SS 2019 | 4022112 | Übungen zu Astroteilchenphysik II - Teilchen und Sterne | 2 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Seitz-Moskaliuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.23 Teilleistung: Atmospheric Aerosols [T-PHYS-108938]

**Verantwortung:** Dr. Ottmar Möhler
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052041 | Atmospheric Aerosols | 2 SWS | Vorlesung (V) | Möhler |
| WS 19/20 | 4052042 | Exercises to Atmospheric Aerosols | 1 SWS | Übung (Ü) | Möhler, Kaufmann |

**Voraussetzungen**
None

# T 4.24 Teilleistung: Atmospheric Radiation [T-PHYS-107696]

**Verantwortung:** Dr. Michael Höpfner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052071 | Atmospheric Radiation | 2 SWS | Vorlesung (V) | Höpfner |

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-101545 - Strahlung darf nicht begonnen worden sein.

**Anmerkungen**
Diese Teilleistung wird ab dem Wintersemester 2017/2018 in englisch angeboten.

# T 4.25 Teilleistung: Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen [T-PHYS-109904]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104869 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028111 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |
| SS 2019 | 4028112 | Praktische Übungen an KARA zur Vorlesung Beschleunigerphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Müller, Blomley, Schreiber |
| WS 19/20 | 4028011 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |
| WS 19/20 | 4028012 | Praktische Übungen an KARA zur Beschleunigerphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Müller, Blomley, Schreiber |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.26 Teilleistung: Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-109903]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104870 - Beschleunigerphysik, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028111 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |
| SS 2019 | 4028112 | Praktische Übungen an KARA zur Vorlesung Beschleunigerphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Müller, Blomley, Schreiber |
| WS 19/20 | 4028011 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |
| WS 19/20 | 4028012 | Praktische Übungen an KARA zur Beschleunigerphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Müller, Blomley, Schreiber |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.27 Teilleistung: Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen [T-PHYS-109905]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104871 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028111 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |
| WS 19/20 | 4028011 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.28 Teilleistung: Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-109906]

**Verantwortung:** Dr. Axel Bernhard
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104872 - Beschleunigerphysik, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028111 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |
| WS 19/20 | 4028011 | Beschleunigerphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Müller, Bernhard |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.29 Teilleistung: Climate Modeling & Dynamics with ICON [T-PHYS-108928]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joaquim José Ginete Werner Pinto
Dr. Aiko Voigt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052151 | Climate Modeling & Dynamics with ICON | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ginete Werner Pinto, Voigt |
| WS 19/20 | 4052152 | Exercises to Climate Modeling & Dynamics with ICON | 1 SWS | Übung (Ü) | Ginete Werner Pinto, Voigt, Choudhary, Lentink |

**Erfolgskontrolle(n)**
Successful participation in the exrcises.

**Voraussetzungen**
None

# T 4.30 Teilleistung: Cloud Physics [T-PHYS-107694]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Corinna Hoose
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052081 | Cloud Physics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Hoose |
| WS 19/20 | 4052082 | Exercises to Cloud Physics | 2 SWS | Übung (Ü) | Hoose, NN |

**Erfolgskontrolle(n)**
Es müssen mehr als 50% der Punkte aus den Übungen erreicht und mind. 1x vorgerechnet werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-101543 - Wolkenphysik darf nicht begonnen worden sein.

**Anmerkungen**
Diese Teilleistung wird ab dem Wintersemester 2017/2018 in englisch angeboten.

# T 4.31 Teilleistung: Computational Condensed Matter Physics [T-PHYS-109895]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104862 - Computational Condensed Matter Physics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4023161 | Computational Condensed Matter Physics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Schug |
| SS 2019 | 4023162 | Übungen zu Computational Condensed Matter Physics | 2 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Schug |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

# T 4.32 Teilleistung: Computational Condensed Matter Physics (NF) [T-PHYS-109894]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104863 - Computational Condensed Matter Physics (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4023161 | Computational Condensed Matter Physics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Schug |
| SS 2019 | 4023162 | Übungen zu Computational Condensed Matter Physics | 2 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Schug |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Kenntnisse der Quantenmechanik und Festkörpertheorie.

## T 4.33 Teilleistung: Computational Photonics, with ext. Exercises [T-PHYS-103633]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101933 - Computational Photonics, with ext. Exercises

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.34 Teilleistung: Computational Photonics, with ext. Exercises (NF) [T-PHYS-106132]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103090 - Computational Photonics, with ext. Exercises (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.35 Teilleistung: Computational Photonics, without ext. Exercises [T-PHYS-106131]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103089 - Computational Photonics, without ext. Exercises

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

# T 4.36 Teilleistung: Computational Photonics, without ext. Exercises (NF) [T-PHYS-106326]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103193 - Computational Photonics, without ext. Exercises (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.37 Teilleistung: Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics [T-PHYS-110390]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105139 - Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Dauer | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4024061 | Critical and fluctuation phenomena in condensed-matter physics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Mirlin, Gornyi |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, der Quantenmechanik und der statistischen Physik werden vorausgesetzt.In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

# T 4.38 Teilleistung: Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF) [T-PHYS-110391]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-105140 - Critical and Fluctuation Phenomena in Condensed-Matter Physics (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Dauer | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4024061 | Critical and fluctuation phenomena in condensed-matter physics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Mirlin, Gornyi |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul als Nebenfach verwendet wird, werden die Leistungspunkte durch eine Studienleistung (Kurzvorträge im Rahmen der Vorlesung) erworben.

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, der Quantenmechanik und der statistischen Physik werden vorausgesetzt.In der Regel soll diese Vorlesung nach der Theorie der Kondensierten Materie I besucht werden.

## T 4.39 Teilleistung: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen [T-PHYS-102378]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102121 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022071 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Hartmann, Schröder |
| WS 19/20 | 4022072 | Übungen zu Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Schröder |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.40 Teilleistung: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-102431]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102122 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022071 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Hartmann, Schröder |
| WS 19/20 | 4022072 | Übungen zu Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Schröder |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.41 Teilleistung: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen [T-PHYS-104453]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102119 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022071 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Hartmann, Schröder |
| WS 19/20 | 4022072 | Übungen zu Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Schröder |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.42 Teilleistung: Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-104454]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102120 - Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022071 | Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Hartmann, Schröder |
| WS 19/20 | 4022072 | Übungen zu Detektoren für Teilchen- und Astroteilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Schröder |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.43 Teilleistung: Dunkle Materie - Theoretische Aspekte [T-PHYS-105957]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102981 - Dunkle Materie - Theoretische Aspekte

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.44 Teilleistung: Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF) [T-PHYS-106320]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103187 - Dunkle Materie - Theoretische Aspekte (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.45 Teilleistung: Effektive Feldtheorien [T-PHYS-106672]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103328 - Effektive Feldtheorien

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.46 Teilleistung: Effektive Feldtheorien (NF) [T-PHYS-106673]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103329 - Effektive Feldtheorien (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.47 Teilleistung: Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten [T-PHYS-102480]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101397 - Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 15 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.48 Teilleistung: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen [T-PHYS-105963]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102987 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.49 Teilleistung: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF) [T-PHYS-106322]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103189 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.50 Teilleistung: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen [T-PHYS-105962]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102986 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.51 Teilleistung: Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF) [T-PHYS-106321]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103188 - Einführung in die Flavourphysik, Grundlagen und Vertiefungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.52 Teilleistung: Einführung in die Kosmologie [T-PHYS-102384]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102175 - Einführung in die Kosmologie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022021 | Einführung in die Kosmologie | 2 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Schlösser |
| WS 19/20 | 4022022 | Übungen zur Einführung in die Kosmologie | 1 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Hiller, Schlösser |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.53 Teilleistung: Einführung in die Kosmologie (NF) [T-PHYS-102433]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102176 - Einführung in die Kosmologie (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022021 | Einführung in die Kosmologie | 2 SWS | Vorlesung (V) | Drexlin, Schlösser |
| WS 19/20 | 4022022 | Übungen zur Einführung in die Kosmologie | 1 SWS | Übung (Ü) | Drexlin, Hiller, Schlösser |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.54 Teilleistung: Einführung in die Supersymmetrie [T-PHYS-108477]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104091 - Einführung in die Supersymmetrie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.55 Teilleistung: Einführung in die Theoretische Kosmologie [T-PHYS-109887]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104855 - Einführung in die Theoretische Kosmologie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022201 | Einführung in die Theoretische Kosmologie | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schwetz-Mangold |
| SS 2019 | 4022202 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Kosmologie | 1 SWS | Übung (Ü) | Schwetz-Mangold, Todarello |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse in Allgemeiner Relativitätstheorie sind empfehlenswert, es werden aber alle benötigten Konzepte eingeführt. Elementare Kenntnisse der Teilchenphysik sind hilfreich.

# T 4.56 Teilleistung: Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF) [T-PHYS-109888]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104856 - Einführung in die Theoretische Kosmologie (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022201 | Einführung in die Theoretische Kosmologie | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schwetz-Mangold |
| SS 2019 | 4022202 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Kosmologie | 1 SWS | Übung (Ü) | Schwetz-Mangold, Todarello |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse in Allgemeiner Relativitätstheorie sind empfehlenswert, es werden aber alle benötigten Konzepte eingeführt. Elementare Kenntnisse der Teilchenphysik sind hilfreich.

## T 4.57 Teilleistung: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen [T-PHYS-104536]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102221 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026021 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 3 SWS | Vorlesung (V) | Melnikov |
| WS 19/20 | 4026022 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Melnikov, Jaquier, Broennum-Hansen |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.58 Teilleistung: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-104791]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102424 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026021 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 3 SWS | Vorlesung (V) | Melnikov |
| WS 19/20 | 4026022 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Melnikov, Jaquier, Broennum-Hansen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.59 Teilleistung: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen [T-PHYS-104792]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102425 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026021 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 3 SWS | Vorlesung (V) | Melnikov |
| WS 19/20 | 4026022 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Melnikov, Jaquier, Broennum-Hansen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.60 Teilleistung: Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-104793]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
Prof. Dr. Matthias Steinhauser

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102426 - Einführung in die Theoretische Teilchenphysik, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026021 | Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 3 SWS | Vorlesung (V) | Melnikov |
| WS 19/20 | 4026022 | Übungen zu Einführung in die Theoretische Teilchenphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Melnikov, Jaquier, Broennum-Hansen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.61 Teilleistung: Einführung in die Vulkanologie, Prüfung [T-PHYS-103644]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101866 - Einführung in die Vulkanologie, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 1 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4060251 | Introduction to Volcanology | 1 SWS | Vorlesung (V) | Gottschämmer, Rietbrock |
| SS 2019 | 4060252 | Exercises to Introduction to Volcanology | 1 SWS | Übung (Ü) | Gottschämmer, Rietbrock |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an "Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung"

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103553 - Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.62 Teilleistung: Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung [T-PHYS-103553]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101866 - Einführung in die Vulkanologie, benotet
M-PHYS-101944 - Einführung in die Vulkanologie, unbenotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 3 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4060251 | Introduction to Volcanology | 1 SWS | Vorlesung (V) | Gottschämmer, Rietbrock |
| SS 2019 | 4060252 | Exercises to Introduction to Volcanology | 1 SWS | Übung (Ü) | Gottschämmer, Rietbrock |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.63 Teilleistung: Elektronenmikroskopie I, mit Übungen [T-PHYS-105965]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102989 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4027111 | Elektronenmikroskopie I | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gerthsen |
| SS 2019 | 4027112 | Übungen zu Elektronenmikroskopie I | 2 SWS | Übung (Ü) | Gerthsen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.64 Teilleistung: Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF) [T-PHYS-105968]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102991 - Elektronenmikroskopie I, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4027111 | Elektronenmikroskopie I | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gerthsen |
| SS 2019 | 4027112 | Übungen zu Elektronenmikroskopie I | 2 SWS | Übung (Ü) | Gerthsen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.65 Teilleistung: Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen [T-PHYS-105967]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102990 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4027111 | Elektronenmikroskopie I | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gerthsen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.66 Teilleistung: Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-105969]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102992 - Elektronenmikroskopie I, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4027111 | Elektronenmikroskopie I | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gerthsen |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.67 Teilleistung: Elektronenmikroskopie II, mit Übungen [T-PHYS-102349]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102227 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.68 Teilleistung: Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF) [T-PHYS-106306]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103172 - Elektronenmikroskopie II, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.69 Teilleistung: Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen [T-PHYS-105817]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102844 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.70 Teilleistung: Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-106307]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103173 - Elektronenmikroskopie II, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.71 Teilleistung: Elektronenoptik, mit Übungen [T-PHYS-102362]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102321 - Elektronenoptik, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.72 Teilleistung: Elektronenoptik, mit Übungen (NF) [T-PHYS-106308]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103174 - Elektronenoptik, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.73 Teilleistung: Elektronenoptik, ohne Übungen [T-PHYS-105818]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102845 - Elektronenoptik, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.74 Teilleistung: Elektronenoptik, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-106309]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
Roland Janzen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103175 - Elektronenoptik, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.75 Teilleistung: Elektronik für Physiker [T-PHYS-104479]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102184 - Elektronik für Physiker

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022061 | Elektronik für Physiker (Analogelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022066 | Elektronik für Physiker (Digitalelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022067 | Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker | 4 SWS | Praktikum (P) | Weber, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.76 Teilleistung: Elektronik für Physiker (NF) [T-PHYS-104480]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102185 - Elektronik für Physiker (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022061 | Elektronik für Physiker (Analogelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022066 | Elektronik für Physiker (Digitalelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022067 | Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker | 4 SWS | Praktikum (P) | Weber, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.77 Teilleistung: Elektronik für Physiker: Analogelektronik [T-PHYS-104475]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102179 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022061 | Elektronik für Physiker (Analogelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022067 | Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker | 4 SWS | Praktikum (P) | Weber, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.78 Teilleistung: Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF) [T-PHYS-104476]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102180 - Elektronik für Physiker: Analogelektronik (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022061 | Elektronik für Physiker (Analogelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022067 | Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker | 4 SWS | Praktikum (P) | Weber, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.79 Teilleistung: Elektronik für Physiker: Digitalelektronik [T-PHYS-104477]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102182 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022066 | Elektronik für Physiker (Digitalelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022067 | Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker | 4 SWS | Praktikum (P) | Weber, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.80 Teilleistung: Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF) [T-PHYS-104478]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
Prof. Dr. Marc Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102183 - Elektronik für Physiker: Digitalelektronik (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022066 | Elektronik für Physiker (Digitalelektronik) | 2 SWS | Vorlesung (V) | Weber |
| WS 19/20 | 4022067 | Praktische Übungen zur Elektronik für Physiker | 4 SWS | Praktikum (P) | Weber, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.81 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen [T-PHYS-102577]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Georg Weiß
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102089 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021011 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Böhmer |
| WS 19/20 | 4021012 | Übungen zu Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I | 1 SWS | Übung (Ü) | Wulfhekel, Böhmer, NN |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.82 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102575]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Georg Weiß
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102087 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021011 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Böhmer |
| WS 19/20 | 4021012 | Übungen zu Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I | 1 SWS | Übung (Ü) | Wulfhekel, Böhmer, NN |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.83 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen [T-PHYS-102578]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Georg Weiß
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102090 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021011 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Böhmer |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.84 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-102576]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber
Prof. Dr. Georg Weiß
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102088 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021011 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Böhmer |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.85 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen [T-PHYS-104422]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102108 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021111 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ustinov |
| SS 2019 | 4021112 | Übungen zu Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II | 2 SWS | Übung (Ü) | Ustinov, Rotzinger |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.86 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF) [T-PHYS-104420]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102106 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021111 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ustinov |
| SS 2019 | 4021112 | Übungen zu Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II | 2 SWS | Übung (Ü) | Ustinov, Rotzinger |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.87 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen [T-PHYS-104423]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102109 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021111 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ustinov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.88 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-104421]

**Verantwortung:** Dr. Johannes Rotzinger
Prof. Dr. Alexey Ustinov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102107 - Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021111 | Elektronische Eigenschaften von Festkörpern II | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ustinov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.89 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen [T-PHYS-102534]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
Dr. Regina Hoffmann-Vogel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102291 - Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.90 Teilleistung: Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF) [T-PHYS-102535]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
Dr. Regina Hoffmann-Vogel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102292 - Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.91 Teilleistung: Energetics [T-PHYS-107695]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Andreas Fink
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052131 | Energetics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Fink |

**Erfolgskontrolle(n)**
keine

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-101546 - Energetik darf nicht begonnen worden sein.

**Anmerkungen**
Diese Teilleistung wird ab dem Wintersemester 2017/2018 in englisch angeboten.

# T 4.92 Teilleistung: Energy Meteorology [T-PHYS-109141]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Stefan Emeis
Prof. Dr. Joaquim José Ginete Werner Pinto

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
None

# T 4.93 Teilleistung: Exam on Selected Topics in Meteorology (Second Major) [T-PHYS-109380]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Peter Knippertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 14 | Jedes Semester | 1 |

**Erfolgskontrolle(n)**
Oral Exam

**Voraussetzungen**
None

**Modellierte Voraussetzungen**
Es muss eine von 3 Bedingungen erfüllt werden:

1. Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:
    1. Es muss eine von 6 Bedingungen erfüllt werden:
        1. Die Teilleistung T-PHYS-109133 - Remote Sensing of Atmospheric State Variables muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        2. Die Teilleistung T-PHYS-108610 - Turbulent Diffusion muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        3. Die Teilleistung T-PHYS-108928 - Climate Modeling & Dynamics with ICON muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        4. Die Teilleistung T-PHYS-107694 - Cloud Physics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        5. Die Teilleistung T-PHYS-108938 - Atmospheric Aerosols muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        6. Die Teilleistung T-PHYS-107693 - Tropical Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    2. Die Teilleistung T-PHYS-109177 - Physics of Planetary Atmospheres muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
2. Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:
    1. Es müssen 2 von 8 Bedingungen erfüllt werden:
        1. Die Teilleistung T-PHYS-109140 - Meteorological Hazards muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        2. Die Teilleistung T-PHYS-109139 - Advanced Numerical Weather Prediction muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        3. Die Teilleistung T-PHYS-109141 - Energy Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        4. Die Teilleistung T-PHYS-107695 - Energetics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        5. Die Teilleistung T-PHYS-107696 - Atmospheric Radiation muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        6. Die Teilleistung T-PHYS-108931 - Middle Atmosphere in the Climate System muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        7. Die Teilleistung T-PHYS-107692 - Seminar on IPCC Assessment Report muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        8. Die Teilleistung T-PHYS-108932 - Ocean-Atmosphere Interactions muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    2. Es muss eine von 6 Bedingungen erfüllt werden:
        1. Die Teilleistung T-PHYS-109133 - Remote Sensing of Atmospheric State Variables muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        2. Die Teilleistung T-PHYS-108610 - Turbulent Diffusion muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        3. Die Teilleistung T-PHYS-108928 - Climate Modeling & Dynamics with ICON muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        4. Die Teilleistung T-PHYS-107694 - Cloud Physics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        5. Die Teilleistung T-PHYS-108938 - Atmospheric Aerosols muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        6. Die Teilleistung T-PHYS-107693 - Tropical Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
3. Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:
    1. Es muss eine von 8 Bedingungen erfüllt werden:
        1. Die Teilleistung T-PHYS-109140 - Meteorological Hazards muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        2. Die Teilleistung T-PHYS-109139 - Advanced Numerical Weather Prediction muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        3. Die Teilleistung T-PHYS-109141 - Energy Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        4. Die Teilleistung T-PHYS-107695 - Energetics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        5. Die Teilleistung T-PHYS-107696 - Atmospheric Radiation muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        6. Die Teilleistung T-PHYS-108931 - Middle Atmosphere in the Climate System muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        7. Die Teilleistung T-PHYS-107692 - Seminar on IPCC Assessment Report muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        8. Die Teilleistung T-PHYS-108932 - Ocean-Atmosphere Interactions muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    2. Es müssen 2 von 6 Bedingungen erfüllt werden:
        1. Die Teilleistung T-PHYS-109133 - Remote Sensing of Atmospheric State Variables muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        2. Die Teilleistung T-PHYS-108610 - Turbulent Diffusion muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        3. Die Teilleistung T-PHYS-108928 - Climate Modeling & Dynamics with ICON muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        4. Die Teilleistung T-PHYS-107694 - Cloud Physics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        5. Die Teilleistung T-PHYS-108938 - Atmospheric Aerosols muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
        6. Die Teilleistung T-PHYS-107693 - Tropical Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.94 Teilleistung: Experimentelle Biophysik II, mit Seminar [T-PHYS-102532]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102165 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 14 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020121 | Experimentelle Biophysik IIa | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |
| SS 2019 | 4020122 | Übungen zu Experimentelle Biophysik II | 2 SWS | Übung (Ü) | Nienhaus, Guigas |
| SS 2019 | 4020124 | Seminar zu Experimentelle Biophysik II | 2 SWS | Seminar (S) | Nienhaus, Guigas |
| SS 2019 | 4020125 | Experimentelle Biophysik IIb | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.95 Teilleistung: Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF) [T-PHYS-102533]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102166 - Experimentelle Biophysik II, mit Seminar (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 14 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020121 | Experimentelle Biophysik IIa | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |
| SS 2019 | 4020122 | Übungen zu Experimentelle Biophysik II | 2 SWS | Übung (Ü) | Nienhaus, Guigas |
| SS 2019 | 4020124 | Seminar zu Experimentelle Biophysik II | 2 SWS | Seminar (S) | Nienhaus, Guigas |
| SS 2019 | 4020125 | Experimentelle Biophysik IIb | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.96 Teilleistung: Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar [T-PHYS-104471]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102167 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020121 | Experimentelle Biophysik IIa | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |
| SS 2019 | 4020122 | Übungen zu Experimentelle Biophysik II | 2 SWS | Übung (Ü) | Nienhaus, Guigas |
| SS 2019 | 4020125 | Experimentelle Biophysik IIb | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.97 Teilleistung: Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF) [T-PHYS-104472]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102168 - Experimentelle Biophysik II, ohne Seminar (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020121 | Experimentelle Biophysik IIa | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |
| SS 2019 | 4020122 | Übungen zu Experimentelle Biophysik II | 2 SWS | Übung (Ü) | Nienhaus, Guigas |
| SS 2019 | 4020125 | Experimentelle Biophysik IIb | 2 SWS | Vorlesung (V) | Nienhaus |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.98 Teilleistung: Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model [T-PHYS-109307]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104542 - Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.99 Teilleistung: Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF) [T-PHYS-109308]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104543 - Extended Higgs Sectors Beyond the Standard Model (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.100 Teilleistung: Festkörperspektroskopie, mit Übungen [T-PHYS-110292]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Dr. Frank Weber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-105074 - Festkörperspektroskopie, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021071 | Solid-State Spectroscopy | 2 SWS | Vorlesung (V) | Le Tacon, Weber |
| WS 19/20 | 4021072 | Exercises to Solid-State Spectroscopy | 2 SWS | Übung (Ü) | Le Tacon, Weber |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik, sowie der Thermodynamik und Statistischen Physik werden vorausgesetzt.

# T 4.101 Teilleistung: Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory [T-PHYS-109320]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Dr. Boris Narozhnyy
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104548 - Field Theories of Condensed Matter: Conformal Field Theory

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.102 Teilleistung: Flavour Physics in the Standard Model and beyond [T-PHYS-110281]

**Verantwortung:** Dr. Monika Blanke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105064 - Flavour Physics in the Standard Model and beyond

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4025051 | Flavour physics in the Standard Model and beyond | 2 SWS | Vorlesung (V) | Blanke, Nierste |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Empfehlungen**
Grundkenntnisse des Standardmodells der Teilchenphysik, insbesondere der starken und schwachen Wechselwirkung sowie des Yukawa-Sektors, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Theoretische Teilchenphysik". Es wird empfohlen, parallel die Vorlesung zur experimentellen Flavourphysik zu besuchen.

# T 4.103 Teilleistung: Full-waveform inversion [T-PHYS-109272]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Dr. Thomas Hertweck
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104522 - Full-waveform Inversion, unbenotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060181 | Full-waveform inversion | 1 SWS | Vorlesung (V) | Bohlen, Pan |
| WS 19/20 | 4060182 | Exercises on Full-waveform inversion | 1 SWS | Übung (Ü) | Bohlen, Pan |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.104 Teilleistung: Full-waveform inversion (graded) [T-PHYS-110614]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105235 - Full-waveform inversion, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 6 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060181 | Full-waveform inversion | 1 SWS | Vorlesung (V) | Bohlen, Pan |
| WS 19/20 | 4060182 | Exercises on Full-waveform inversion | 1 SWS | Übung (Ü) | Bohlen, Pan |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.105 Teilleistung: Geological Hazards and Risk [T-PHYS-103525]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101833 - Naturgefahren und Risiken

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 8 | Jedes Wintersemester | 2 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060121 | Geological Hazards and Risk | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gottschämmer, Daniell |
| WS 19/20 | 4060122 | Exercises on Geological Hazards and Risk | 2 SWS | Übung (Ü) | Gottschämmer, Daniell |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.106 Teilleistung: Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Prüfung [T-PHYS-103674]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101873 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | 1 |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an der Teilleistung T-PHYS-103572 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Studienleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103572 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.107 Teilleistung: Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, Studienleistung [T-PHYS-103572]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101873 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, benotet
M-PHYS-101953 - Geophysikalische Bewertung und Gefährdungspotential mediterraner Vulkane, unbenotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an der Teilleistung "Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung".

- Grundlagen der Vulkanologie
- Zusammenhang von Vulkanismus und Tektonik
- Zusammensetzung von unterschiedlichen Magmen und Gründe dafür (Aufstiegsweg, Differentiation)
- Vulkanische Förderprodukte
- Vulkanbauten
- Eruptionsmechanismen, Eruptionsverhalten
- Grundverständnis des Monitoring von Vulkanen, Kenntnis der Aufgaben von Vulkanobservatorien und deren historischer Entwicklung
- physikalische und mathematische Grundlagen

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103553 - Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.108 Teilleistung: Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Prüfung [T-PHYS-103672]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101951 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 1 | 1 |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an der Teilleistung T-PHYS-103573 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Studienleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103573 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.109 Teilleistung: Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, Studienleistung [T-PHYS-103573]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101874 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, unbenotet
M-PHYS-101951 - Geophysikalische Erkundung von Vulkanfeldern, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 3 | 1 |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an der Teilleistung "Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung".

- Grundlagen der Vulkanologie
- Zusammenhang von Vulkanismus und Tektonik
- Zusammensetzung von unterschiedlichen Magmen und Gründe dafür (Aufstiegsweg, Differentiation)
- Vulkanische Förderprodukte
- Vulkanbauten
- Eruptionsmechanismen, Eruptionsverhalten
- Grundverständnis des Monitoring von Vulkanen, Kenntnis der Aufgaben von Vulkanobservatorien und deren historischer Entwicklung
- physikalische und mathematische Grundlagen

# T 4.110 Teilleistung: Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Prüfung [T-PHYS-103673]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101952 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 1 | 1 |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an der Teilleistung T-PHYS-103571 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Studienleistung

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103571 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.111 Teilleistung: Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, Studienleistung [T-PHYS-103571]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101872 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, unbenotet
M-PHYS-101952 - Geophysikalische Tiefenerkundung an Vulkanen am Beispiel des Vogelsbergs, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 3 | 1 |

**Voraussetzungen**
Erfolgreiche Teilnahme an der Teilleistung "Einführung in die Vulkanologie, Studienleistung"

- Grundlagen der Vulkanologie
- Zusammenhang von Vulkanismus und Tektonik
- Zusammensetzung von unterschiedlichen Magmen und Gründe dafür (Aufstiegsweg, Differentiation)
- Vulkanische Förderprodukte
- Vulkanbauten
- Eruptionsmechanismen, Eruptionsverhalten
- Grundverständnis des Monitoring von Vulkanen, Kenntnis der Aufgaben von Vulkanobservatorien und deren historischer Entwicklung
- physikalische und mathematische Grundlagen

# T 4.112 Teilleistung: Grundlagen der Nanotechnologie I [T-PHYS-102529]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102097 - Grundlagen der Nanotechnologie I

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021041 | Grundlagen der Nanotechnologie I | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goll |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.113 Teilleistung: Grundlagen der Nanotechnologie I (NF) [T-PHYS-102528]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102096 - Grundlagen der Nanotechnologie I (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021041 | Grundlagen der Nanotechnologie I | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goll |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.114 Teilleistung: Grundlagen der Nanotechnologie II [T-PHYS-102531]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102100 - Grundlagen der Nanotechnologie II

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021151 | Grundlagen der Nanotechnologie II | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goll |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.115 Teilleistung: Grundlagen der Nanotechnologie II (NF) [T-PHYS-102530]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gernot Goll
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102099 - Grundlagen der Nanotechnologie II (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021151 | Grundlagen der Nanotechnologie II | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goll |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.116 Teilleistung: Hadronische Wechselwirkungen [T-PHYS-110279]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105063 - Hadronische Wechselwirkungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026051 | Hadronische Wechselwirkungen | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gieseke, Ulrich |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundelegende Kenntnisse der Teilchenphysik sind empfehlenswert

# T 4.117 Teilleistung: Halbleiterphysik, mit Übungen [T-PHYS-102343]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102131 - Halbleiterphysik, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020111 | Halbleiterphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |
| SS 2019 | 4020112 | Übungen zu Halbleiterphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Kalt, N. |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.118 Teilleistung: Halbleiterphysik, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102301]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102130 - Halbleiterphysik, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020111 | Halbleiterphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |
| SS 2019 | 4020112 | Übungen zu Halbleiterphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Kalt, N. |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.119 Teilleistung: Halbleiterphysik, ohne Übungen [T-PHYS-104590]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102301 - Halbleiterphysik, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020111 | Halbleiterphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.120 Teilleistung: Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-104589]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102300 - Halbleiterphysik, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4020111 | Halbleiterphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.121 Teilleistung: Hauptseminar: Aktuelle Experimente der Quantenphysik [T-PHYS-109971]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013114 | Hauptseminar: Aktuelle Experimente in der Quantenphysik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Wernsdorfer, Hunger, Le Tacon |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.122 Teilleistung: Hauptseminar: Astroteilchenphysik [T-PHYS-110293]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Prof. Dr. Ralph Engel
Dr. Kathrin Valerius

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4013224 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Drexlin, Engel, Valerius, Eitel, Huege, Roth, Ulrich |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.123 Teilleistung: Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Das Universum bei höchsten Energien [T-PHYS-104550]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Prof. Dr. Ralph Engel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013234 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Das Universum bei höchsten Energien | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Engel, Huege, Roth, Ulrich |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.124 Teilleistung: Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Kosmische Strahlung [T-PHYS-104557]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Johannes Bluemer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.125 Teilleistung: Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Neutrinos und Dunkle Materie [T-PHYS-104541]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013224 | Hauptseminar: Astroteilchenphysik - Neutrinos und Dunkle Materie | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Drexlin, Eitel, Valerius |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.126 Teilleistung: Hauptseminar: Basisgrößen und Basiseinheiten [T-PHYS-106524]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.127 Teilleistung: Hauptseminar: Beschleuniger und Synchrotronstrahlung [T-PHYS-104559]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.128 Teilleistung: Hauptseminar: Big Data Science in- und außerhalb der Physik [T-PHYS-106287]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Michael Feindt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.129 Teilleistung: Hauptseminar: Biophysik der Sinneswahrnehmungen [T-PHYS-104573]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Georg Weiß
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.130 Teilleistung: Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und deren Anwendung in der Festkörperforschung [T-PHYS-105794]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.131 Teilleistung: Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und Elektronenoptik [T-PHYS-108436]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dagmar Gerthsen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013714 | Hauptseminar: Elektronenmikroskopie und Elektronenoptik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Gerthsen, Haider, Kübel, Schneider |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.132 Teilleistung: Hauptseminar: Elektronenoptik [T-PHYS-104523]

**Verantwortung:** Maximilian Haider
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.133 Teilleistung: Hauptseminar: Elementare Quanteneffekte der Kondensierten Materie [T-PHYS-104538]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Mirlin
Prof. Dr. Jörg Schmalian
Prof. Dr. Alexander Shnirman

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.134 Teilleistung: Hauptseminar: Experimente mit einzelnen Photonen [T-PHYS-107891]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Martin Wegener
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.135 Teilleistung: Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Teilchenphysik [T-PHYS-104547]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.136 Teilleistung: Hauptseminar: Experimentelle Methoden der Festkörperphysik [T-PHYS-104543]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexey Ustinov
Prof. Dr. Georg Weiß
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.137 Teilleistung: Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Grundlagen der Elementarteilchenphysik [T-PHYS-104537]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Prof. Dr. Günter Quast
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.138 Teilleistung: Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Colliderphysik [T-PHYS-109976]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Dr. Klaus Rabbertz

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013644 | Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Colliderphysik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Gieseke, Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.139 Teilleistung: Hauptseminar: Experimentelle und Theoretische Methoden der Teilchenphysik [T-PHYS-106525]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.140 Teilleistung: Hauptseminar: Festkörperphysik bei Tiefen Temperaturen [T-PHYS-109972]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Georg Weiß
Prof. Dr. Wulf Wulfhekel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013124 | Hauptseminar: Festkörperphysik bei tiefen Temperaturen | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Weiß, Wulfhekel |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.141 Teilleistung: Hauptseminar: Flavourphysik [T-PHYS-109973]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013244 | Hauptseminar: Flavourphysik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Bernlochner, Goldenzweig, Cao, Sutcliff |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.142 Teilleistung: Hauptseminar: Forschung mit Photonen - Festkörperforschung, Strukturaufklärung und Bildgebung [T-PHYS-105795]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.143 Teilleistung: Hauptseminar: From the Smallest to the Largest Scales - Understanding the Matter Content of the Universe [T-PHYS-109975]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013634 | Hauptseminar: From the Smallest to the Largest Scales - Understanding the Matter Content of the Universe | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Mühlleitner, Patel, Müller |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.144 Teilleistung: Hauptseminar: General Relativity [T-PHYS-106126]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.145 Teilleistung: Hauptseminar: General Relativity II [T-PHYS-109974]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013614 | Hauptseminar: General Relativity II | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Klinkhamer, Emelyanov, Queiruga |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.146 Teilleistung: Hauptseminar: Halbleiter-Nanostrukturen [T-PHYS-104540]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.147 Teilleistung: Hauptseminar: Hunting New Physics in the Higgs Sector [T-PHYS-104522]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.148 Teilleistung: Hauptseminar: Konformationsdynamik in Biomolekülen [T-PHYS-104544]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013014 | Hauptseminar: Konformationsdynamik in Biomolekülen: Experiment und Theorie | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Nienhaus, Wenzel, Kobitski |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.149 Teilleistung: Hauptseminar: Konzepte und Bauelemente des Quantencomputers [T-PHYS-104574]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Schön
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.150 Teilleistung: Hauptseminar: Konzepte und Physik des Quantencomputers [T-PHYS-105792]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Schön
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.151 Teilleistung: Hauptseminar: Lichtoptische Nanoskopie [T-PHYS-104560]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nienhaus
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4013014 | Hauptseminar: Lichtoptische Nanoskopie | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Nienhaus, Kobitski |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.152 Teilleistung: Hauptseminar: Magnetismus [T-PHYS-106125]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.153 Teilleistung: Hauptseminar: Metamaterialien [T-PHYS-104539]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
Prof. Dr. Martin Wegener

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.154 Teilleistung: Hauptseminar: Methoden der Virtuellen Materialentwicklung [T-PHYS-108877]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.155 Teilleistung: Hauptseminar: Miracles in Quantum Field Theory [T-PHYS-107567]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.156 Teilleistung: Hauptseminar: Models and Searches for Lorentz Violation [T-PHYS-104575]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.157 Teilleistung: Hauptseminar: Moderne Teilchenbeschleuniger und Forschung mit Photonen [T-PHYS-106129]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4013814 | Hauptseminar: Moderne Teilchenbeschleuniger und Forschung mit Photonen | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Müller, Baumbach, Bernhard, Stankov |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.158 Teilleistung: Hauptseminar: Nanoelektronik und Quantentransport [T-PHYS-104542]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Schön
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.159 Teilleistung: Hauptseminar: Neutronen- und Röntgenstrahlung in der Festkörperphysik [T-PHYS-109977]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013814 | Hauptseminar: Neutronen und Röntgenstrahlung in der Festkörperphysik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Baumbach, Hofmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.160 Teilleistung: Hauptseminar: Optoelektronik - Grundlagen und Bauelemente [T-PHYS-105789]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013034 | Hauptseminar: Optoelektronik: Grundlagen und Bauelemente | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Kalt, Hetterich |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.161 Teilleistung: Hauptseminar: Phasenübergänge in Festkörpern mit Korrelierten Elektronen [T-PHYS-108434]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.162 Teilleistung: Hauptseminar: Physics and Mathematics of Scattering Amplitudes [T-PHYS-106128]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.163 Teilleistung: Hauptseminar: Physics beyond the Standard Model at the LHC and ee Colliders [T-PHYS-106127]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Milada Margarete Mühlleitner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.164 Teilleistung: Hauptseminar: Physik tiefer Temperaturen [T-PHYS-104549]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.165 Teilleistung: Hauptseminar: Plasmonik [T-PHYS-105788]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.166 Teilleistung: Hauptseminar: Quanteneffekte in Dünnen Schichten [T-PHYS-108876]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.167 Teilleistung: Hauptseminar: Quantenoptik [T-PHYS-106523]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
Dr. Andreas Naber
Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
Prof. Dr. Martin Wegener

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik
M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013024 | Hauptseminar: Quantenoptik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Hunger, Naber, Rockstuhl, Wegener |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.168 Teilleistung: Hauptseminar: Quantenoptik und Spindynamik auf der Nanoskala [T-PHYS-107565]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik
M-PHYS-102205 - Hauptseminar im Themenfeld Optik und Photonik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.169 Teilleistung: Hauptseminar: Quantentechnologie (Spins, Tunnelsysteme, NV-Zentren, Supraleitende Qubits etc.) [T-PHYS-108433]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Georg Weiß
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102204 - Hauptseminar im Themenfeld Nanophysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.170 Teilleistung: Hauptseminar: Schlüsselexperimente der Festkörperphysik [T-PHYS-105790]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Matthieu Le Tacon
Prof. Dr. Georg Weiß

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.171 Teilleistung: Hauptseminar: Spezielle Relativitätstheorie [T-PHYS-105793]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Frans Klinkhamer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4013614 | Hauptseminar: Special Relativity | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Klinkhamer, Emelyanov, Fernandez Queiruga |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.172 Teilleistung: Hauptseminar: Standardmodell der Teilchenphysik: Experiment und Theorie [T-PHYS-108435]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102208 - Hauptseminar im Themenfeld Theoretische Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.173 Teilleistung: Hauptseminar: Synchrotronstrahlung [T-PHYS-104558]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie
M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik
M-PHYS-102207 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Astroteilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.174 Teilleistung: Hauptseminar: Teilchenphysik bei höchster Energie am LHC [T-PHYS-107566]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Prof. Dr. Thomas Müller
PD Dr. Roger Wolf

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.175 Teilleistung: Hauptseminar: Teilchenphysik und Experimentelle Methoden [T-PHYS-105791]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Anke-Susanne Müller
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102206 - Hauptseminar im Themenfeld Experimentelle Teilchenphysik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4013214 | Hauptseminar: Teilchenphysik und experimentelle Methoden | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Husemann, Müller, Bernhard |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.176 Teilleistung: Hauptseminar: Theory of Superconductivity [T-PHYS-109598]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Jörg Schmalian
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102209 - Hauptseminar im Themenfeld Theorie der Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.177 Teilleistung: Hauptseminar: Tieftemperaturphysik [T-PHYS-107564]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexey Ustinov
Prof. Dr. Georg Weiß
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102203 - Hauptseminar im Themenfeld Kondensierte Materie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4013114 | Hauptseminar: Tieftemperaturphysik | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Weiß, Lisenfeld, Rotzinger, Seiler |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.178 Teilleistung: Hydrodynamik [T-PHYS-109897]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Jörg Schmalian
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104864 - Hydrodynamik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024141 | Hydrodynamik | 3 SWS | Vorlesung (V) | Schmalian, Narozhnyy |
| SS 2019 | 4024142 | Übungen zu Hydrodynamik | 1 SWS | Übung (Ü) | Schmalian, Narozhnyy |

**Erfolgskontrolle(n)**
Kurzvorträgen in Rahmen der Vorlesung

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in Festkörperphysik, Quantenmechanik und Statistischer Physik werden vorausgesetzt

# T 4.179 Teilleistung: Hydrodynamik (NF) [T-PHYS-109896]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Jörg Schmalian
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104865 - Hydrodynamik (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024141 | Hydrodynamik | 3 SWS | Vorlesung (V) | Schmalian, Narozhnyy |
| SS 2019 | 4024142 | Übungen zu Hydrodynamik | 1 SWS | Übung (Ü) | Schmalian, Narozhnyy |

**Erfolgskontrolle(n)**
Kurzvorträgen in Rahmen der Vorlesung

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in Festkörperphysik, Quantenmechanik und Statistischer Physik werden vorausgesetzt

# T 4.180 Teilleistung: Induced Seismicity, Prüfung [T-PHYS-103677]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101959 - Induced Seismicity, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | 1 |

**Erfolgskontrolle(n)**
The procedure will be announced in the lecture.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103575 - Induced Seismicity, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.181 Teilleistung: Induced Seismicity, Studienleistung [T-PHYS-103575]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joachim Ritter
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101878 - Induced Seismicity, unbenotet
M-PHYS-101959 - Induced Seismicity, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 3 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.182 Teilleistung: Integrated Atmospheric Measurements [T-PHYS-109902]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Christoph Kottmeier
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4052131 | Integrated Atmospheric Measurements | 2 SWS | Vorlesung (V) | Kottmeier |

**Erfolgskontrolle(n)**
Short presentation on selected contents must be held.

**Voraussetzungen**
None

# T 4.183 Teilleistung: Inversion & Tomographie [T-PHYS-104737]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Prof. Dr. Joachim Ritter

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102368 - Inversion & Tomographie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4060231 | Inversion and Tomography | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ritter, Gaßner |
| SS 2019 | 4060232 | Exercises to Inversion and Tomography | 2 SWS | Übung (Ü) | Ritter, Gaßner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.184 Teilleistung: Inversion & Tomographie (NF) [T-PHYS-105572]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Prof. Dr. Joachim Ritter

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102658 - Inversion & Tomographie (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4060231 | Inversion and Tomography | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ritter, Gaßner |
| SS 2019 | 4060232 | Exercises to Inversion and Tomography | 2 SWS | Übung (Ü) | Ritter, Gaßner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.185 Teilleistung: Masterarbeit [T-PHYS-104370]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102068 - Masterarbeit

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Abschlussarbeit | 30 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

**Abschlussarbeit**
Bei dieser Teilleistung handelt es sich um eine Abschlussarbeit. Es sind folgende Fristen zur Bearbeitung hinterlegt:

| | |
|---|---|
| **Bearbeitungszeit** | 6 Monate |
| **Maximale Verlängerungsfrist** | 3 Monate |
| **Korrekturfrist** | 8 Wochen |

Die Abschlussarbeit ist genehmigungspflichtig durch den Prüfungsausschuss.

## T 4.186 Teilleistung: Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, mit erw. Übungen [T-PHYS-102376]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102517 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022151 | Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ulrich, Bornschein, Hartmann |
| SS 2019 | 4022152 | Übungen zu Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Bornschein, Ulrich |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.187 Teilleistung: Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-105106]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102519 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022151 | Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ulrich, Bornschein, Hartmann |
| SS 2019 | 4022152 | Übungen zu Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Bornschein, Ulrich |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.188 Teilleistung: Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen [T-PHYS-105105]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102518 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022151 | Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ulrich, Bornschein, Hartmann |
| SS 2019 | 4022152 | Übungen zu Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Bornschein, Ulrich |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.189 Teilleistung: Messmethoden und Techniken der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-106327]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Guido Drexlin
Dr. Frank Hartmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103194 - Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022151 | Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ulrich, Bornschein, Hartmann |
| SS 2019 | 4022152 | Übungen zu Messmethoden und Techniken in der Experimentalphysik | 2 SWS | Übung (Ü) | Hartmann, Bornschein, Ulrich |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.190 Teilleistung: Meteorological Hazards [T-PHYS-109140]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Michael Kunz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Sommersemester | 3 |

**Erfolgskontrolle(n)**
None

**Voraussetzungen**
None

**Empfehlungen**
Knowledge from the module Introduction to Meteorology is required.

**Anmerkungen**
Keine

# T 4.191 Teilleistung: Methods of Data Analysis [T-PHYS-109142]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joaquim José Ginete Werner Pinto
Prof. Dr. Peter Knippertz

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4052171 | Methods of Data Analysis | 2 SWS | Vorlesung (V) | Ginete Werner Pinto, Knippertz, Lerch |
| SS 2019 | 4052172 | Exercises to Methods of Data Analysis | 1 SWS | Übung (Ü) | Ginete Werner Pinto, Knippertz, Ehmele, Lerch |

**Erfolgskontrolle(n)**
Successful participation in the exercises.

**Voraussetzungen**
None

# T 4.192 Teilleistung: Middle Atmosphere in the Climate System [T-PHYS-108931]

**Verantwortung:** Dr. Michael Höpfner
Dr. Miriam Sinnhuber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052061 | Middle Atmosphere in the Climate System | 2 SWS | Vorlesung (V) | Höpfner, Sinnhuber |

**Voraussetzungen**
None

# T 4.193 Teilleistung: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum [T-PHYS-106133]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103091 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4028061 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach |
| WS 19/20 | 4028062 | Übungen zu Modern X-ray Physics I | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Jakob, Zuber |
| WS 19/20 | 4028063 | Praktikum zu Modern X-ray Physics I | 2 SWS | Praktikum (P) | Baumbach, Jakob, Zuber |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.194 Teilleistung: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF) [T-PHYS-106304]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103170 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, mit Praktikum (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4028061 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach |
| WS 19/20 | 4028062 | Übungen zu Modern X-ray Physics I | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Jakob, Zuber |
| WS 19/20 | 4028063 | Praktikum zu Modern X-ray Physics I | 2 SWS | Praktikum (P) | Baumbach, Jakob, Zuber |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.195 Teilleistung: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum [T-PHYS-102352]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102229 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4028061 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach |
| WS 19/20 | 4028062 | Übungen zu Modern X-ray Physics I | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Jakob, Zuber |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.196 Teilleistung: Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF) [T-PHYS-106303]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103169 - Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering, ohne Praktikum (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4028061 | Modern X-ray Physics I: Coherent X-ray Imaging and Scattering | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach |
| WS 19/20 | 4028062 | Übungen zu Modern X-ray Physics I | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Jakob, Zuber |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.197 Teilleistung: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation [T-PHYS-102353]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Dr. Svetoslav Stankov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102232 - Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4028071 | Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach, Stankov |
| WS 19/20 | 4028072 | Übungen zu Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Stankov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.198 Teilleistung: Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF) [T-PHYS-106305]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Dr. Svetoslav Stankov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103171 - Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4028071 | Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach, Stankov |
| WS 19/20 | 4028072 | Übungen zu Modern X-ray Physics II: Condensed Matter Physics with Synchrotron Radiation | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Stankov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.199 Teilleistung: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum [T-PHYS-105819]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102846 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028131 | Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging and Computed Tomography | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach, Hofmann, Zuber |
| SS 2019 | 4028132 | Übungen zu Modern X-ray Physics III | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Hofmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.200 Teilleistung: Modern X-Ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktilum (NF) [T-PHYS-105820]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102847 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, mit Praktikum (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028131 | Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging and Computed Tomography | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach, Hofmann, Zuber |
| SS 2019 | 4028132 | Übungen zu Modern X-ray Physics III | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Hofmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.201 Teilleistung: Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum [T-PHYS-102354]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102322 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028131 | Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging and Computed Tomography | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach, Hofmann, Zuber |
| SS 2019 | 4028132 | Übungen zu Modern X-ray Physics III | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Hofmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.202 Teilleistung: Modern X-Ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF) [T-PHYS-104598]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach
Ralf Hofmann

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102323 - Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging, and Computed Tomography, ohne Praktikum (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4028131 | Modern X-ray Physics III: Optical Coherence, Imaging and Computed Tomography | 2 SWS | Vorlesung (V) | Baumbach, Hofmann, Zuber |
| SS 2019 | 4028132 | Übungen zu Modern X-ray Physics III | 2 SWS | Übung (Ü) | Baumbach, Hofmann |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.203 Teilleistung: Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen [T-PHYS-102495]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102127 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022141 | Moderne Methoden der Datenanalyse | 2 SWS | Vorlesung (V) | Bernlochner |
| SS 2019 | 4022142 | Moderne Methoden der Datenanalyse: Computerpraktikum | 2 SWS | Praktikum (P) | Chwalek, Bernlochner |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.204 Teilleistung: Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-102496]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102128 - Moderne Methoden der Datenanalyse, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022141 | Moderne Methoden der Datenanalyse | 2 SWS | Vorlesung (V) | Bernlochner |
| SS 2019 | 4022142 | Moderne Methoden der Datenanalyse: Computerpraktikum | 2 SWS | Praktikum (P) | Chwalek, Bernlochner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.205 Teilleistung: Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen [T-PHYS-102494]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102125 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022141 | Moderne Methoden der Datenanalyse | 2 SWS | Vorlesung (V) | Bernlochner |
| SS 2019 | 4022142 | Moderne Methoden der Datenanalyse: Computerpraktikum | 2 SWS | Praktikum (P) | Chwalek, Bernlochner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.206 Teilleistung: Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-102497]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Prof. Dr. Günter Quast

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102126 - Moderne Methoden der Datenanalyse, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022141 | Moderne Methoden der Datenanalyse | 2 SWS | Vorlesung (V) | Bernlochner |
| SS 2019 | 4022142 | Moderne Methoden der Datenanalyse: Computerpraktikum | 2 SWS | Praktikum (P) | Chwalek, Bernlochner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.207 Teilleistung: Molekulare Elektronik [T-PHYS-109305]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104540 - Molekulare Elektronik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.208 Teilleistung: Molekulare Elektronik (NF) [T-PHYS-109306]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104541 - Molekulare Elektronik (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.209 Teilleistung: Molekülspektroskopie [T-CHEMBIO-104639]

**Verantwortung:** PD Dr. Andreas-Neil Unterreiner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Chemie und Biowissenschaften
KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102337 - Molekülspektroskopie

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung schriftlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 5213 | Molekülspektroskopie | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schuster |
| WS 19/20 | 5214 | Übungen zur Vorlesung Molekülspektroskopie | 1 SWS | Übung (Ü) | Schuster |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.210 Teilleistung: Monte Carlo Ereignisgeneratoren [T-PHYS-109892]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104860 - Monte Carlo Ereignisgeneratoren

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025141 | Monte Carlo Ereignisgeneratoren | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gieseke |
| SS 2019 | 4025142 | Übungen zu Monte Carlo Ereignisgeneratoren | 1 SWS | Übung (Ü) | Gieseke |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundelegende Kenntnisse der Teilchenphysik sind empfehlenswert

# T 4.211 Teilleistung: Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF) [T-PHYS-109893]

**Verantwortung:** Dr. Stefan Gieseke
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104861 - Monte Carlo Ereignisgeneratoren (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025141 | Monte Carlo Ereignisgeneratoren | 2 SWS | Vorlesung (V) | Gieseke |
| SS 2019 | 4025142 | Übungen zu Monte Carlo Ereignisgeneratoren | 1 SWS | Übung (Ü) | Gieseke |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundelegende Kenntnisse der Teilchenphysik sind empfehlenswert

## T 4.212 Teilleistung: Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics [T-PHYS-107626]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103782 - Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.213 Teilleistung: Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF) [T-PHYS-107627]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103783 - Nanomagnetism, Quantummagnetism and Spin Bath Physics (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.214 Teilleistung: Nanomaterials, mit Übungen [T-PHYS-110285]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Reisinger
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105068 - Nanomaterials, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021061 | Nanomaterials | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wernsdorfer, Reisinger |
| WS 19/20 | 4021062 | Exercises to Nanomaterials | 2 SWS | Übung (Ü) | Wernsdorfer, Reisinger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

# T 4.215 Teilleistung: Nanomaterials, mit Übungen (NF) [T-PHYS-110286]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Reisinger
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105069 - Nanomaterials, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021061 | Nanomaterials | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wernsdorfer, Reisinger |
| WS 19/20 | 4021062 | Exercises to Nanomaterials | 2 SWS | Übung (Ü) | Wernsdorfer, Reisinger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Es müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

# T 4.216 Teilleistung: Nanomaterials, ohne Übungen [T-PHYS-110288]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Reisinger
Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105071 - Nanomaterials, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Jedes Wintersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021061 | Nanomaterials | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wernsdorfer, Reisinger |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich) erworben.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Festkörperphysik, Quantenmechanik und der Thermodynamik werden vorausgesetzt.

# T 4.217 Teilleistung: Nano-Optics [T-PHYS-102282]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102146 - Nano-Optics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4020021 | Nano-Optics | 3 SWS | Vorlesung (V) | Naber |
| WS 19/20 | 4020022 | Übungen zu Nano-Optics | 1 SWS | Übung (Ü) | Naber |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.218 Teilleistung: Nano-Optics (NF) [T-PHYS-102360]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102147 - Nano-Optics (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4020021 | Nano-Optics | 3 SWS | Vorlesung (V) | Naber |
| WS 19/20 | 4020022 | Übungen zu Nano-Optics | 1 SWS | Übung (Ü) | Naber |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.219 Teilleistung: Neutrinophysik - theoretische Aspekte [T-PHYS-104514]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102192 - Neutrinophysik - Theoretische Aspekte

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 3 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022091 | Neutrinophysik - theoretische Aspekte | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schwetz-Mangold |
| WS 19/20 | 4022092 | Übungen zu Neutrinophysik - theoretische Aspekte | 2 SWS | Übung (Ü) | Schwetz-Mangold |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.220 Teilleistung: Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF) [T-PHYS-104637]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102330 - Neutrinophysik - Theoretische Aspekte (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 3 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022091 | Neutrinophysik - theoretische Aspekte | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schwetz-Mangold |
| WS 19/20 | 4022092 | Übungen zu Neutrinophysik - theoretische Aspekte | 2 SWS | Übung (Ü) | Schwetz-Mangold |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.221 Teilleistung: Nonlinear Optics [T-ETIT-101906]

**Verantwortung:** Prof. Dr.-Ing. Christian Koos
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
**Bestandteil von:** M-ETIT-100430 - Nonlinear Optics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Jedes Sommersemester | 2 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 2309468 | Nonlinear Optics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Koos |
| SS 2019 | 2309469 | Nonlinear Optics (Tutorial) | 2 SWS | Übung (Ü) | Koos |

**Erfolgskontrolle(n)**
Die Erfolgskontrolle erfolgt im Rahmen einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 Minuten). Die individuellen Termine für die mündliche Prüfung werden regelmäßig angeboten.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Solide Kenntnisse in Mathematik und Physik; Grundkenntnisse in Optik und Photonik

**Anmerkungen**
Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

Allerdings gibt es ein Bonus-System, das auf den Problem-Sets basiert, die in den Tutorials gelöst werden: Im Laufe des Tutorials werden ohne vorherige Ankündigung 3 Problem-Sets gesammelt und benotet. Wenn für jeden dieser Problem-Sets mehr als 70% der Aufgaben richtig gelöst sind, wird ein Bonus von 0,3 Noten auf die Abschlussnote der mündlichen Prüfung gewährt.

# T 4.222 Teilleistung: Oberflächenphysik, mit Übungen [T-PHYS-102512]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102134 - Oberflächenphysik, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021121 | Oberflächenphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Zakeri-Lori |
| SS 2019 | 4021122 | Übungen zu Oberflächenphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Wulfhekel, Zakeri-Lori, Balashov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.223 Teilleistung: Oberflächenphysik, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102510]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102136 - Oberflächenphysik, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021121 | Oberflächenphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Zakeri-Lori |
| SS 2019 | 4021122 | Übungen zu Oberflächenphysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Wulfhekel, Zakeri-Lori, Balashov |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.224 Teilleistung: Oberflächenphysik, ohne Übungen [T-PHYS-102513]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102133 - Oberflächenphysik, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021121 | Oberflächenphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Zakeri-Lori |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.225 Teilleistung: Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-102511]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wulf Wulfhekel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102135 - Oberflächenphysik, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021121 | Oberflächenphysik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Wulfhekel, Zakeri-Lori |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.226 Teilleistung: Ocean-Atmosphere Interactions [T-PHYS-108932]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Andreas Fink
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
None

# T 4.227 Teilleistung: Photovoltaik [T-ETIT-101939]

**Verantwortung:** Prof. Dr.-Ing. Michael Powalla
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
**Bestandteil von:** M-ETIT-100513 - Photovoltaik

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung schriftlich | 6 | Jedes Sommersemester | 2 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 2313737 | Photovoltaik | 4 SWS | Vorlesung (V) | Powalla, Lemmer |

**Erfolgskontrolle(n)**
Die Erfolgskontrolle erfolgt in Form einer schriftlichen Prüfung. Die Modulnote ist die Note dieser schriftlichen Prüfung.

**Voraussetzungen**
"M-ETIT-100524 - Solar Energy" darf nicht begonnen sein.

# T 4.228 Teilleistung: Physics of Planetary Atmospheres [T-PHYS-109177]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Leisner
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052161 | Physics of Planetary Atmospheres | 2 SWS | Veranstaltung (Veranst.) | Leisner, Reddmann, Sinnhuber |
| WS 19/20 | 4052162 | Exercises to Physics of Planetary Atmospheres | 2 SWS | Übung (Ü) | Leisner, Duft |

**Erfolgskontrolle(n)**

- If this module is part of the Specialization or Compulsory Subject, credits are earned through the associated exam (oral, written or otherwise).
- Otherwise, the exercises, computer exercises, internships or, if necessary, graduation lectures must be successfully completed.

**Voraussetzungen**
None

**Empfehlungen**
Basic knowledge of physics, physical chemistry and fluid dynamics at Bachelor level.

**Anmerkungen**
240 hours consisting of attendance times (60 hours), follow-up of the lecture incl. Exam preparation and editing exercises (180 hours).

# T 4.229 Teilleistung: Physik der Lithosphäre, Prüfung [T-PHYS-103678]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101960 - Physik der Lithosphäre, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 1 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-103574 - Physik der Lithosphäre, Studienleistung muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.230 Teilleistung: Physik der Lithosphäre, Studienleistung [T-PHYS-103574]

**Verantwortung:** Dr. Ellen Gottschämmer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101875 - Physik der Lithosphäre, unbenotet
M-PHYS-101960 - Physik der Lithosphäre, benotet

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 2 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.231 Teilleistung: Physik der Quanteninformation [T-PHYS-109898]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104866 - Physik der Quanteninformation

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024131 | Physik der Quanteninformation | 2 SWS | Vorlesung (V) | Shnirman |
| SS 2019 | 4024132 | Übungen zu Physik der Quanteninformation | 1 SWS | Übung (Ü) | Shnirman |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt-oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in der Quantenmechanik I und II werden vorausgesetzt; Vorkenntnisse aus der Statistischen Physik und TKM I sind nützlich.

# T 4.232 Teilleistung: Physik der Quanteninformation (NF) [T-PHYS-109900]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104867 - Physik der Quanteninformation (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024131 | Physik der Quanteninformation | 2 SWS | Vorlesung (V) | Shnirman |
| SS 2019 | 4024132 | Übungen zu Physik der Quanteninformation | 1 SWS | Übung (Ü) | Shnirman |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt-oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse in der Quantenmechanik I und II werden vorausgesetzt; Vorkenntnisse aus der Statistischen Physik und TKM I sind nützlich.

## T 4.233 Teilleistung: Physik seismischer Messinstrumente [T-PHYS-104727]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Forbriger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102358 - Physik seismischer Messinstrumente

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060051 | Physics of seismic instruments | 2 SWS | Vorlesung (V) | Forbriger |
| WS 19/20 | 4060052 | Exercise on physics of seismic instruments | 1 SWS | Übung (Ü) | Forbriger, Ciesielski, Rietbrock |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.234 Teilleistung: Physik seismischer Messinstrumente (NF) [T-PHYS-105567]

**Verantwortung:** Dr. Thomas Forbriger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102653 - Physik seismischer Messinstrumente (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060051 | Physics of seismic instruments | 2 SWS | Vorlesung (V) | Forbriger |
| WS 19/20 | 4060052 | Exercise on physics of seismic instruments | 1 SWS | Übung (Ü) | Forbriger, Ciesielski, Rietbrock |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.235 Teilleistung: Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum [T-PHYS-102479]

**Verantwortung:** Dr. Andreas Naber
Dr. Christoph Sürgers
Dr. Joachim Wolf

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-101395 - Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4011333 | Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten (Kurs 1) | 4 SWS | Praktikum (P) | Naber, Guigas, Sürgers, Wolf |
| SS 2019 | 4011343 | Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten (Kurs 2). | 4 SWS | Praktikum (P) | Naber, Guigas, Sürgers, Wolf |
| SS 2019 | 4011349 | Vorbesprechung zum Praktikum Moderne Physik und zum Physikalischen Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten | SWS | Praktikum (P) | Naber, Guigas, Sürgers, Wolf |
| WS 19/20 | 4011333 | Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten | 4 SWS | Praktikum (P) | Naber, Guigas, Sürgers, Wolf |
| WS 19/20 | 4011349 | Vorbesprechung zum Praktikum Moderne Physik und zum Physikalischen Fortgeschrittenenpraktikum für Masterstudenten | SWS | Praktikum (P) | Naber, Guigas, Sürgers, Wolf |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.236 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 1 TL, 8 LP ben [T-PHYS-104384]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102091 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 1 TL

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 8 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.237 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TL, 4 LP ben [T-PHYS-106222]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103129 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.238 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TL, 4 LP ben [T-PHYS-106221]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103129 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 2 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.239 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 2 LP ben [T-PHYS-106225]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103130 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.240 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 3 LP ben [T-PHYS-106223]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103130 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 3 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.241 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TL, 3 LP ben [T-PHYS-106224]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103130 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 3 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 3 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.242 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben [T-PHYS-106226]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103131 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.243 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben [T-PHYS-106229]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103131 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.244 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben [T-PHYS-106228]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103131 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.245 Teilleistung: Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TL, 2 LP ben [T-PHYS-106227]

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103131 - Platzhalter Nichtphys. Wahlpflichtfach, Modul mit 4 TLen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.246 Teilleistung: Platzhalter Überfachliche Qualifikation 2 LP - benotet [T-PHYS-104675]

**Einrichtung:** Universität gesamt
**Bestandteil von:** M-PHYS-101394 - Überfachliche Qualifikationen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 2 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.247 Teilleistung: Platzhalter Überfachliche Qualifikation 2 LP - unbenotet [T-PHYS-104677]

**Einrichtung:** Universität gesamt
**Bestandteil von:** M-PHYS-101394 - Überfachliche Qualifikationen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 2 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.248 Teilleistung: Precision Tests of the Standard Model at low Energies [T-PHYS-109909]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104873 - Precision Tests of the Standard Model at low Energies

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4026141 | Precision Tests of the Standard Model at low Energies | 2 SWS | Vorlesung (V) | Melnikov |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Gute Kenntnisse auf dem Gebiet der Quantenfeldtheorie, mindestens auf dem Level von TTP I.

# T 4.249 Teilleistung: QCD und Colliderphysik, mit Übungen [T-PHYS-106670]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103326 - QCD und Colliderphysik, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.250 Teilleistung: QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF) [T-PHYS-106671]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103327 - QCD und Colliderphysik, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.251 Teilleistung: Quantenoptik auf der Nanoskala [T-PHYS-106669]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103325 - Quantenoptik auf der Nanoskala

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.252 Teilleistung: Quantenoptik auf der Nanoskala (NF) [T-PHYS-106675]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103330 - Quantenoptik auf der Nanoskala (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.253 Teilleistung: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen [T-PHYS-108478]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104092 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021161 | Quantum Optics at the Nano Scale | 3 SWS | Vorlesung (V) | Hunger |
| SS 2019 | 4021162 | Übungen zu Quantum Optics at the Nano Scale | 1 SWS | Übung (Ü) | Hunger, N. |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.254 Teilleistung: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF) [T-PHYS-108479]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104093 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021161 | Quantum Optics at the Nano Scale | 3 SWS | Vorlesung (V) | Hunger |
| SS 2019 | 4021162 | Übungen zu Quantum Optics at the Nano Scale | 1 SWS | Übung (Ü) | Hunger, N. |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.255 Teilleistung: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen [T-PHYS-108480]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104094 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021161 | Quantum Optics at the Nano Scale | 3 SWS | Vorlesung (V) | Hunger |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.256 Teilleistung: Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-108481]

**Verantwortung:** Prof. Dr. David Hunger
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104095 - Quantenoptik auf der Nanoskala: Grundlagen und Anwendungen, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021161 | Quantum Optics at the Nano Scale | 3 SWS | Vorlesung (V) | Hunger |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.257 Teilleistung: Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices [T-PHYS-106134]

**Verantwortung:** Dr. Ioan Pop
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103092 - Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.258 Teilleistung: Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF) [T-PHYS-106310]

**Verantwortung:** Dr. Ioan Pop
Prof. Dr. Alexey Ustinov

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103176 - Quantum Machines: Design and Implementation in Solid State Devices (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.259 Teilleistung: Quantum Physics in One Dimension [T-PHYS-108482]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104097 - Quantum Physics in One Dimension

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.260 Teilleistung: Quantum Physics in One Dimension (NF) [T-PHYS-108483]

**Verantwortung:** Dr. Igor Gornyi
Prof. Dr. Alexander Mirlin

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104098 - Quantum Physics in One Dimension (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.261 Teilleistung: Reflexionsseismisches Processing [T-PHYS-104735]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102364 - Reflexionsseismisches Processing

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060111 | Seismics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Bohlen, Hertweck |
| WS 19/20 | 4060112 | Exercises on Seismics | 2 SWS | Übung (Ü) | Hertweck, Bohlen, Athanasopoulos |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.262 Teilleistung: Reflexionsseismisches Processing (NF) [T-PHYS-105568]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102654 - Reflexionsseismisches Processing (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060111 | Seismics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Bohlen, Hertweck |
| WS 19/20 | 4060112 | Exercises on Seismics | 2 SWS | Übung (Ü) | Hertweck, Bohlen, Athanasopoulos |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.263 Teilleistung: Remote Sensing of Atmospheric State Variables [T-PHYS-109133]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Johannes Orphal
Dr. Björn-Martin Sinnhuber

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Sommersemester | 1 |

**Erfolgskontrolle(n)**
More than 50% of the points from the exercises must be achieved.

**Voraussetzungen**
None

# T 4.264 Teilleistung: Seismic Data Processing, coursework [T-PHYS-108686]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Dr. Thomas Hertweck

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104186 - Seismic Data Processing with final report (graded)
M-PHYS-104188 - Seismic Data Processing with final report (ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 2 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.265 Teilleistung: Seismic Data Processing, final report (graded) [T-PHYS-108656]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Dr. Thomas Hertweck
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104186 - Seismic Data Processing with final report (graded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung anderer Art | 4 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4060321 | Seismic Data Processing | 1 SWS | Vorlesung (V) | Bohlen, Hertweck, Athanasopoulos |
| SS 2019 | 4060322 | Exercises to Seismic Data Processing | 2 SWS | Übung (Ü) | Bohlen, Hertweck, Athanasopoulos |

**Voraussetzungen**
Successfull participoation on "Seismic Data Processing, course achievement"

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-108686 - Seismic Data Processing, coursework muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.266 Teilleistung: Seismic Data Processing, final report (ungraded) [T-PHYS-108657]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Thomas Bohlen
Dr. Thomas Hertweck
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104188 - Seismic Data Processing with final report (ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 4 | 1 |

**Voraussetzungen**
Successfull participoation on "Seismic Data Processing, course achievement"

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-108686 - Seismic Data Processing, coursework muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.267 Teilleistung: Seismology [T-PHYS-110603]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Andreas Rietbrock
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105225 - Seismology

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060171 | Seismology | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rietbrock, Gottschämmer |
| WS 19/20 | 4060172 | Exercises on Seismology | 2 SWS | Übung (Ü) | Rietbrock, Gottschämmer, Gaßner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.268 Teilleistung: Seismology (NF) [T-PHYS-110604]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Andreas Rietbrock
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105226 - Seismology (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4060171 | Seismology | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rietbrock, Gottschämmer |
| WS 19/20 | 4060172 | Exercises on Seismology | 2 SWS | Übung (Ü) | Rietbrock, Gottschämmer, Gaßner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.269 Teilleistung: Seminar on IPCC Assessment Report [T-PHYS-107692]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Joaquim José Ginete Werner Pinto
Prof. Dr. Corinna Hoose
Patrick Ludwig

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052194 | Seminar on IPCC Assessment Report | 2 SWS | Hauptseminar (HS) | Ginete Werner Pinto, Ludwig |

**Erfolgskontrolle(n)**
Study of a chapter of the current IPCC report with subsequent presentation (~ 20-25 min) and submission of a written summary (1 page).

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-101540 - Hauptseminar IPCC Sachstandsbericht darf nicht begonnen worden sein.

**Anmerkungen**
Diese Teilleistung wird ab dem Wintersemester 2017/2018 in englisch angeboten.

# T 4.270 Teilleistung: Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar [T-PHYS-105131]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102553 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.271 Teilleistung: Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF) [T-PHYS-106325]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103192 - Simulation nanoskaliger Systeme, mit Seminar (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.272 Teilleistung: Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar [T-PHYS-102504]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102331 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.273 Teilleistung: Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF) [T-PHYS-106324]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103191 - Simulation nanoskaliger Systeme, ohne Seminar (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.274 Teilleistung: Solid State Quantum Technologies [T-PHYS-109890]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104858 - Solid State Quantum Technologies (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Sommersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021131 | Solid State Quantum Technologies | 2 SWS | Veranstaltung (Veranst.) | Wernsdorfer, Borisov |
| SS 2019 | 4021132 | Übungen zu Solid State Quantum Technologies | 2 SWS | Übung (Ü) | Wernsdorfer, Borisov |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik

# T 4.275 Teilleistung: Solid State Quantum Technologies [T-PHYS-109889]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104857 - Solid State Quantum Technologies

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Dauer | Version |
|---|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Sommersemester | 1 Sem. | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021131 | Solid State Quantum Technologies | 2 SWS | Veranstaltung (Veranst.) | Wernsdorfer, Borisov |
| SS 2019 | 4021132 | Übungen zu Solid State Quantum Technologies | 2 SWS | Übung (Ü) | Wernsdorfer, Borisov |

**Erfolgskontrolle(n)**
Falls dieses Modul Teil des Schwerpunkt- oder Ergänzungsfachs ist, werden die Leistungspunkte durch die zugehörige Prüfung (mündlich, schriftlich oder anderer Art) erworben. Ansonsten müssen die Übungen, Computerübungen, Praktika oder ggf. Abschlussvorträge erfolgreich absolviert werden.

**Voraussetzungen**
keine

**Empfehlungen**
Grundlagenkenntnisse der Quantenmechanik

# T 4.276 Teilleistung: Solid-State Optics, mit Übungen [T-PHYS-102279]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102144 - Solid-State Optics, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4020011 | Solid-State-Optics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |
| WS 19/20 | 4020012 | Übungen zu Solid-State-Optics. | 1 SWS | Übung (Ü) | Kalt |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.277 Teilleistung: Solid-State Optics, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102346]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102145 - Solid-State Optics, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 10 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4020011 | Solid-State-Optics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |
| WS 19/20 | 4020012 | Übungen zu Solid-State-Optics. | 1 SWS | Übung (Ü) | Kalt |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.278 Teilleistung: Solid-State Optics, ohne Übungen [T-PHYS-104773]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102408 - Solid-State Optics, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4020011 | Solid-State-Optics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.279 Teilleistung: Solid-State Optics, ohne Übungen (NF) [T-PHYS-104774]

**Verantwortung:** PD Dr. Michael Hetterich
Prof. Dr. Heinz Kalt

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102409 - Solid-State Optics, ohne Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4020011 | Solid-State-Optics | 4 SWS | Vorlesung (V) | Kalt |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.280 Teilleistung: Spezialisierungsphase [T-PHYS-102481]

**Verantwortung:** Studiendekan Physik
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-101396 - Spezialisierungsphase

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 15 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.281 Teilleistung: Spintransport in Nanostrukturen [T-PHYS-104586]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102293 - Spintransport in Nanostrukturen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4021141 | Spintransport in Nanostrukturen | 2 SWS | Vorlesung (V) | Beckmann |
| SS 2019 | 4021142 | Übungen zu Spintransport in Nanostrukturen | 1 SWS | Übung (Ü) | Beckmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.282 Teilleistung: Success Control on Selected Topics in Meteorology (Minor) [T-PHYS-109379]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Peter Knippertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Semester | 1 |

**Erfolgskontrolle(n)**
Coursework

**Voraussetzungen**
None

**Modellierte Voraussetzungen**
Es muss eine von 2 Bedingungen erfüllt werden:

1. Es müssen 2 von 14 Bedingungen erfüllt werden:
    1. Die Teilleistung T-PHYS-109133 - Remote Sensing of Atmospheric State Variables muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    2. Die Teilleistung T-PHYS-109140 - Meteorological Hazards muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    3. Die Teilleistung T-PHYS-108610 - Turbulent Diffusion muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    4. Die Teilleistung T-PHYS-109139 - Advanced Numerical Weather Prediction muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    5. Die Teilleistung T-PHYS-109141 - Energy Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    6. Die Teilleistung T-PHYS-108928 - Climate Modeling & Dynamics with ICON muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    7. Die Teilleistung T-PHYS-107695 - Energetics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    8. Die Teilleistung T-PHYS-107694 - Cloud Physics muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    9. Die Teilleistung T-PHYS-107696 - Atmospheric Radiation muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    10. Die Teilleistung T-PHYS-108938 - Atmospheric Aerosols muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    11. Die Teilleistung T-PHYS-108931 - Middle Atmosphere in the Climate System muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    12. Die Teilleistung T-PHYS-107692 - Seminar on IPCC Assessment Report muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    13. Die Teilleistung T-PHYS-107693 - Tropical Meteorology muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
    14. Die Teilleistung T-PHYS-108932 - Ocean-Atmosphere Interactions muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.
2. Die Teilleistung T-PHYS-109177 - Physics of Planetary Atmospheres muss erfolgreich abgeschlossen worden sein.

# T 4.283 Teilleistung: Supraleiter-Nanostrukturen [T-PHYS-104513]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102191 - Supraleiter-Nanostrukturen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021031 | Supraleiter-Nanostrukturen | 2 SWS | Vorlesung (V) | Beckmann |
| WS 19/20 | 4021032 | Übungen zu Supraleiter-Nanostrukturen | 1 SWS | Übung (Ü) | Beckmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.284 Teilleistung: Supraleiter-Nanostrukturen (NF) [T-PHYS-109621]

**Verantwortung:** Dr. Detlef Beckmann
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104723 - Supraleiter-Nanostrukturen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4021031 | Supraleiter-Nanostrukturen | 2 SWS | Vorlesung (V) | Beckmann |
| WS 19/20 | 4021032 | Übungen zu Supraleiter-Nanostrukturen | 1 SWS | Übung (Ü) | Beckmann |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.285 Teilleistung: Symmetrien und Gruppen [T-PHYS-104596]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102317 - Symmetrien und Gruppen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4025031 | Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 4 SWS | Vorlesung (V) | Nierste |
| WS 19/20 | 4025032 | Exercises to Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 2 SWS | Übung (Ü) | Nierste, Nisandzic |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.286 Teilleistung: Symmetrien und Gruppen (NF) [T-PHYS-104597]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102318 - Symmetrien und Gruppen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4025031 | Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 4 SWS | Vorlesung (V) | Nierste |
| WS 19/20 | 4025032 | Exercises to Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 2 SWS | Übung (Ü) | Nierste, Nisandzic |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.287 Teilleistung: Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien [T-PHYS-102393]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102315 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4025031 | Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 4 SWS | Vorlesung (V) | Nierste |
| WS 19/20 | 4025032 | Exercises to Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 2 SWS | Übung (Ü) | Nierste, Nisandzic |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.288 Teilleistung: Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF) [T-PHYS-102444]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Nierste
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102316 - Symmetrien, Gruppen und erweiterte Eichtheorien (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4025031 | Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 4 SWS | Vorlesung (V) | Nierste |
| WS 19/20 | 4025032 | Exercises to Symmetries, Groups and Extended Gauge Theories | 2 SWS | Übung (Ü) | Nierste, Nisandzic |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.289 Teilleistung: Teilchenphysik I [T-PHYS-102369]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102114 - Teilchenphysik I

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022031 | Teilchenphysik I | 3 SWS | Vorlesung (V) | Rabbertz, Quast |
| WS 19/20 | 4022032 | Praktische Übungen zur Teilchenphysik I | 2 SWS | Praktische Übung (PÜ) | Rabbertz, Dierlamm |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.290 Teilleistung: Teilchenphysik I (NF) [T-PHYS-102488]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Ulrich Husemann
Prof. Dr. Thomas Müller
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102115 - Teilchenphysik I (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022031 | Teilchenphysik I | 3 SWS | Vorlesung (V) | Rabbertz, Quast |
| WS 19/20 | 4022032 | Praktische Übungen zur Teilchenphysik I | 2 SWS | Praktische Übung (PÜ) | Rabbertz, Dierlamm |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.291 Teilleistung: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen [T-PHYS-104783]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102422 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022081 | Teilchenphysik II: Flavour-Physik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goldenzweig, Müller |
| WS 19/20 | 4022082 | Übungen zu Flavour- Physik | 2 SWS | Übung (Ü) | Goldenzweig, Müller |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.292 Teilleistung: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-106316]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103183 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022081 | Teilchenphysik II: Flavour-Physik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goldenzweig, Müller |
| WS 19/20 | 4022082 | Übungen zu Flavour- Physik | 2 SWS | Übung (Ü) | Goldenzweig, Müller |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.293 Teilleistung: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen [T-PHYS-102371]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102154 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022081 | Teilchenphysik II: Flavour-Physik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goldenzweig, Müller |
| WS 19/20 | 4022082 | Übungen zu Flavour- Physik | 2 SWS | Übung (Ü) | Goldenzweig, Müller |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.294 Teilleistung: Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-102424]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Florian Bernlochner
Dr. Pablo Goldenzweig
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102155 - Teilchenphysik II - Flavour-Physik, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Wintersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4022081 | Teilchenphysik II: Flavour-Physik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Goldenzweig, Müller |
| WS 19/20 | 4022082 | Übungen zu Flavour- Physik | 2 SWS | Übung (Ü) | Goldenzweig, Müller |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.295 Teilleistung: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen [T-PHYS-108474]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104088 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022171 | Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rabbertz, Meyer |
| SS 2019 | 4022172 | Übungen zu Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Übung (Ü) | Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.296 Teilleistung: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-108475]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104089 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022171 | Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rabbertz, Meyer |
| SS 2019 | 4022172 | Übungen zu Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Übung (Ü) | Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.297 Teilleistung: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen [T-PHYS-108472]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104086 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022171 | Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rabbertz, Meyer |
| SS 2019 | 4022172 | Übungen zu Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Übung (Ü) | Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.298 Teilleistung: Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-108473]

**Verantwortung:** Dr. Klaus Rabbertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104087 - Teilchenphysik II - Top Quarks und Jets am LHC, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022171 | Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rabbertz, Meyer |
| SS 2019 | 4022172 | Übungen zu Teilchenphysik II - Top-Quarks und Jets am LHC | 2 SWS | Übung (Ü) | Rabbertz |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.299 Teilleistung: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen [T-PHYS-108470]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104084 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022161 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schröder, Wolf |
| SS 2019 | 4022162 | Übungen zu Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Übung (Ü) | Schröder, Wolf |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.300 Teilleistung: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF) [T-PHYS-108471]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104085 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, mit erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022161 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schröder, Wolf |
| SS 2019 | 4022162 | Übungen zu Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Übung (Ü) | Schröder, Wolf |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.301 Teilleistung: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen [T-PHYS-108468]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104081 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022161 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schröder, Wolf |
| SS 2019 | 4022162 | Übungen zu Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Übung (Ü) | Schröder, Wolf |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.302 Teilleistung: Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF) [T-PHYS-108469]

**Verantwortung:** Dr. Matthias Mozer
Dr. Matthias Schröder

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-104082 - Teilchenphysik II - W, Z, Higgs am Collider, ohne erw. Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4022161 | Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Vorlesung (V) | Schröder, Wolf |
| SS 2019 | 4022162 | Übungen zu Teilchenphysik II - W, Z, Higgs an Collidern | 2 SWS | Übung (Ü) | Schröder, Wolf |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.303 Teilleistung: The ABC of DFT [T-PHYS-105960]

**Verantwortung:** Velimir Meded
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102984 - The ABC of DFT

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4023151 | The ABC of DFT | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Fediai |
| SS 2019 | 4023152 | Übungen zu The ABC of DFT | 1 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Fediai |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.304 Teilleistung: Theoretical Nanooptics [T-PHYS-104587]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102295 - Theoretical Nanooptics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023131 | Theoretical Nanooptics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Fernandez Corbaton, Rockstuhl |
| WS 19/20 | 4023132 | Exercises to Theoretical Nanooptics | 1 SWS | Übung (Ü) | Rockstuhl, Fernandez Corbaton |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.305 Teilleistung: Theoretical Nanooptics (NF) [T-PHYS-106311]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-103177 - Theoretical Nanooptics (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023131 | Theoretical Nanooptics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Fernandez Corbaton, Rockstuhl |
| WS 19/20 | 4023132 | Exercises to Theoretical Nanooptics | 1 SWS | Übung (Ü) | Rockstuhl, Fernandez Corbaton |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.306 Teilleistung: Theoretical Quantum Optics [T-PHYS-110303]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-105094 - Theoretical Quantum Optics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023011 | Theoretical Quantum Optics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Lee, Rockstuhl |
| WS 19/20 | 4023012 | Exercises to Theoretical Quantum Optics | 1 SWS | Übung (Ü) | Rockstuhl, Lee |

# T 4.307 Teilleistung: Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar [T-PHYS-102365]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102169 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023031 | Theoretische molekulare Biophysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Schug |
| WS 19/20 | 4023032 | Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Schug |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.308 Teilleistung: Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF) [T-PHYS-102420]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102170 - Theoretische molekulare Biophysik, mit Seminar (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023031 | Theoretische molekulare Biophysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Schug |
| WS 19/20 | 4023032 | Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Schug |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.309 Teilleistung: Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar [T-PHYS-104473]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102171 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023031 | Theoretische molekulare Biophysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Schug |
| WS 19/20 | 4023032 | Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Schug |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.310 Teilleistung: Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF) [T-PHYS-104474]

**Verantwortung:** Dr. Alexander Schug
Prof. Dr. Wolfgang Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102172 - Theoretische molekulare Biophysik, ohne Seminar (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4023031 | Theoretische molekulare Biophysik | 2 SWS | Vorlesung (V) | Wenzel, Schug |
| WS 19/20 | 4023032 | Übungen zu Theoretische molekulare Biophysik | 1 SWS | Übung (Ü) | Wenzel, Schug |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.311 Teilleistung: Theoretische Optik [T-PHYS-104578]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102277 - Theoretical Optics

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4023111 | Theoretical Optics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rockstuhl, Fernandez Corbaton |
| SS 2019 | 4023112 | Exercises to Theoretical Optics | 1 SWS | Übung (Ü) | Rockstuhl, Lee |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.312 Teilleistung: Theoretische Optik - Vorleistung [T-PHYS-102305]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Carsten Rockstuhl
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102279 - Theoretical Optics (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4023111 | Theoretical Optics | 2 SWS | Vorlesung (V) | Rockstuhl, Fernandez Corbaton |
| SS 2019 | 4023112 | Exercises to Theoretical Optics | 1 SWS | Übung (Ü) | Rockstuhl, Lee |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.313 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen [T-PHYS-102544]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102033 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025111 | Theoretische Teilchenphysik I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Zeppenfeld |
| SS 2019 | 4025112 | Übungen zur Theoretischen Teilchenphysik I | 2 SWS | Übung (Ü) | Zeppenfeld, Liebler |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.314 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102540]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102037 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025111 | Theoretische Teilchenphysik I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Zeppenfeld |
| SS 2019 | 4025112 | Übungen zur Theoretischen Teilchenphysik I | 2 SWS | Übung (Ü) | Zeppenfeld, Liebler |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.315 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen [T-PHYS-102546]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102035 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen und Vertiefungen, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025111 | Theoretische Teilchenphysik I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Zeppenfeld |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.316 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen [T-PHYS-102545]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102034 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025111 | Theoretische Teilchenphysik I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Zeppenfeld |
| SS 2019 | 4025112 | Übungen zur Theoretischen Teilchenphysik I | 2 SWS | Übung (Ü) | Zeppenfeld, Liebler |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.317 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102541]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102038 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025111 | Theoretische Teilchenphysik I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Zeppenfeld |
| SS 2019 | 4025112 | Übungen zur Theoretischen Teilchenphysik I | 2 SWS | Übung (Ü) | Zeppenfeld, Liebler |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.318 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen [T-PHYS-102547]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Kirill Melnikov
Prof. Dr. Matthias Steinhauser
Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102036 - Theoretische Teilchenphysik I, Grundlagen, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4025111 | Theoretische Teilchenphysik I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Zeppenfeld |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.319 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen [T-PHYS-102552]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102046 - Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026011 | Theoretische Teilchenphysik II | 4 SWS | Vorlesung (V) | Mühlleitner |
| WS 19/20 | 4026012 | Übungen zu Theoretische Teilchenphysik II | 2 SWS | Übung (Ü) | Mühlleitner, Liebler |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.320 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF) [T-PHYS-102548]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102044 - Theoretische Teilchenphysik II, mit Übungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026011 | Theoretische Teilchenphysik II | 4 SWS | Vorlesung (V) | Mühlleitner |
| WS 19/20 | 4026012 | Übungen zu Theoretische Teilchenphysik II | 2 SWS | Übung (Ü) | Mühlleitner, Liebler |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.321 Teilleistung: Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen [T-PHYS-102554]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Dieter Zeppenfeld
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102048 - Theoretische Teilchenphysik II, ohne Übungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4026011 | Theoretische Teilchenphysik II | 4 SWS | Vorlesung (V) | Mühlleitner |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.322 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen [T-PHYS-102559]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102054 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4024011 | Theorie der Kondensierten Materie I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| WS 19/20 | 4024012 | Übungen zu Theorie der Kondensierten Materie I | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Kravchuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.323 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF) [T-PHYS-102557]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102052 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4024011 | Theorie der Kondensierten Materie I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| WS 19/20 | 4024012 | Übungen zu Theorie der Kondensierten Materie I | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Kravchuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.324 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen [T-PHYS-102558]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102053 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4024011 | Theorie der Kondensierten Materie I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| WS 19/20 | 4024012 | Übungen zu Theorie der Kondensierten Materie I | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Kravchuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.325 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF) [T-PHYS-102556]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Alexander Shnirman
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102051 - Theorie der Kondensierten Materie I, Grundlagen und Vertiefungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4024011 | Theorie der Kondensierten Materie I | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| WS 19/20 | 4024012 | Übungen zu Theorie der Kondensierten Materie I | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Kravchuk |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.326 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen [T-PHYS-106676]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-103331 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, ausgewählte Themen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 2 | Jedes Sommersemester | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024111 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| SS 2019 | 4024112 | Übungen zur Theorie der Kondensierten Materie II | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Klug |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.327 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen [T-PHYS-104591]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Mathematik
KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102313 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024111 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| SS 2019 | 4024112 | Übungen zur Theorie der Kondensierten Materie II | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Klug |

**Voraussetzungen**
keine

## T 4.328 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF) [T-PHYS-104592]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102314 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 8 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024111 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| SS 2019 | 4024112 | Übungen zur Theorie der Kondensierten Materie II | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Klug |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.329 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen [T-PHYS-102560]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102308 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024111 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| SS 2019 | 4024112 | Übungen zur Theorie der Kondensierten Materie II | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Klug |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.330 Teilleistung: Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF) [T-PHYS-102562]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Markus Garst
Dr. Boris Narozhnyy
Prof. Dr. Jörg Schmalian

**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik

**Bestandteil von:** M-PHYS-102312 - Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie, Grundlagen und Vertiefungen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 12 | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4024111 | Theorie der Kondensierten Materie II: Vielteilchentheorie | 4 SWS | Vorlesung (V) | Garst |
| SS 2019 | 4024112 | Übungen zur Theorie der Kondensierten Materie II | 2 SWS | Übung (Ü) | Garst, Klug |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.331 Teilleistung: Theorie seismischer Wellen [T-PHYS-104736]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Friedemann Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102367 - Theorie seismischer Wellen

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Prüfungsleistung mündlich | 6 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.332 Teilleistung: Theorie seismischer Wellen (NF) [T-PHYS-105571]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Friedemann Wenzel
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-102657 - Theorie seismischer Wellen (NF)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Version |
|---|---|---|
| Studienleistung | 6 | 1 |

**Voraussetzungen**
keine

# T 4.333 Teilleistung: Tropical Meteorology [T-PHYS-107693]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Peter Knippertz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Unregelmäßig | 1 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| WS 19/20 | 4052111 | Tropical Meteorology | 2 SWS | Vorlesung (V) | Knippertz |
| WS 19/20 | 4052112 | Exercises to Tropical Meteorology | 1 SWS | Übung (Ü) | Knippertz, Maier-Gerber |

**Erfolgskontrolle(n)**
Students must achieve 50% of the points in the exercises.

**Voraussetzungen**
keine

**Modellierte Voraussetzungen**
Es müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Teilleistung T-PHYS-101535 - Tropische Meteorologie darf nicht begonnen worden sein.

**Anmerkungen**
Diese Teilleistung wird ab dem Wintersemester 2017/2018 in englisch angeboten.

# T 4.334 Teilleistung: Turbulent Diffusion [T-PHYS-108610]

**Verantwortung:** Prof. Dr. Michael Kunz
**Einrichtung:** KIT-Fakultät für Physik
**Bestandteil von:** M-PHYS-104577 - Selected Topics in Meteorology (Second Major, graded)
M-PHYS-104578 - Selected Topics in Meteorology (Minor, ungraded)

| Teilleistungsart | Leistungspunkte | Turnus | Version |
|---|---|---|---|
| Studienleistung | 0 | Jedes Sommersemester | 3 |

| Lehrveranstaltungen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS 2019 | 4052081 | Turbulent Diffusion | 2 SWS | Vorlesung (V) | Vogel, Vogel |
| SS 2019 | 4052082 | Exercises to Turbulent Diffusion | 1 SWS | Übung (Ü) | Vogel, Vogel, Muser |

**Erfolgskontrolle(n)**
After a short introduction, the students independently conduct model simulations with ICON-ART. The results are prepared, evaluated for specific questions and analyzed and presented to the group at the end of the semester.

**Voraussetzungen**
keine