

Kern- und Teilchenphysik SS2012

Johannes Blümer

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



Einführung in die Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Astroteilchenphysik

<http://www.auger.de/~rulrich/lehre/kerneteilchen2012/index.html>

- Veranstaltungsorte und Zeiten
 - Vorlesung: Di+Do 11:30-13:00 Lehmann HS (022)
 - Übungen/Tutorien: Do von 14:00 bis 19:00
- Klausurtermin: 3. August 2012 im Gerthsen HS
- Inhalte und Themen: Vorlesung I Übungen
- Literaturempfehlungen: siehe Liste hier
- Scheinkriterien: Basierend auf Übungen und Klausur
- Email-Verteiler: für Studenten I für Tutoren I weitere Informationen für Tutoren

Die Übungen zur *Modernen Experimentalphysik III (Kerne & Teilchen)* werden von Ralf Ulrich organisiert und finden donnerstags nachmittags statt. Es werden jeweils donnerstags die Übungsblätter für die darauf folgende Woche ausgegeben. Die Lösungen zu den Aufgaben werden von den Tutoren mit Punkten bewertet. Jedes Blatt enthält insgesamt 10 Punkte. Die Übungen sind erfolgreich bestanden, wenn während des Semesters mindestens 50% aller Punkte erreicht wurden. Die Lösungen zu den bearbeiteten Aufgaben müssen dienstags abgegeben werden. In den Übungen sollten Sie in der Lage sein, (Teil-)Aufgaben an der Tafel eigenständig vorzurechnen.

Falls Sie aus triftigen Gründen an der Klausur nicht teilnehmen können, wenden Sie sich bitte an Herrn Prof. Blümer, um eventuell einen mündlichen Prüfungstermin zu erhalten.

Neben dieser Homepage haben wir eine Email-Liste als Newsletter eingerichtet, in der Sie sich jederzeit ein- und austragen können: https://www.lists.kit.edu/sympa/info/kerneteilchen_ss12

Die Einteilung der Übungsgruppen findet nach der ersten Vorlesung statt, und wird dann auch auf dieser Internetseite veröffentlicht.

Falls Sie sich eingetragen haben, aber nicht in der Liste auftauchen, kontaktieren Sie bitte Herrn Ulrich über den Email Verteiler durch "kontaktiere Inhaber".

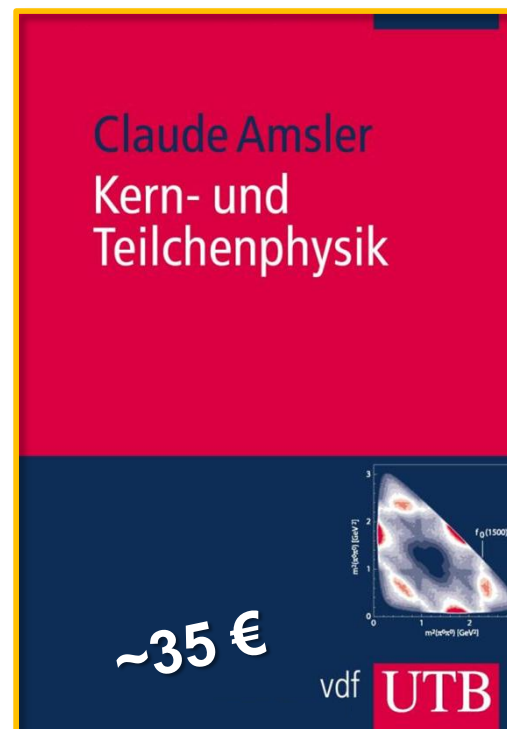
Falls Sie sich nicht eingetragen haben oder nicht eintragen konnten, kontaktieren Sie bitte eine(n) der Tutor(inn)en direkt während des jeweiligen Termins.

- 1) Di 17. April **Übersicht, Notation, Kinematik**
Inhaltsverzeichnis, Übungsbetrieb, Literatur, Notationen, Tour de Force, relativistische Kinematik
- 2) Do 19. April **Beschleuniger**
HV-Erzeugung, stat. Generatoren, Linearbeschleuniger, zykl. Beschleuniger, Kollider, kosm. Beschleuniger
- 3) Di 24. April **Detektoren 1**
Wechselwirkung von Teilchen und Strahlen mit Materie; experimentelle Methoden
- 4) Do 26. April **Detektoren 2**
Detektorbaukasten; Grossdetektoren; andere Anwendungen
- Di 1. Mai **Tag der Arbeit**
- 5) Do 3. Mai **Atomkerne 1**
Streuversuche, Entdeckung der Atomkerne, Rutherford; Eigenschaften stabiler Kerne
- 6) Di 8. Mai **Atomkerne 2**
Masse, Bindungsenergie, Form von Kernen; Kernkräfte und Kernmodelle
- 7) Do 10. Mai **Kernreaktionen 1**
Spontane Zerfälle (Alpha, Beta, Gamma-Zerfälle);
- 8) Di 15. Mai **Kernreaktionen 2**
induzierte Kernspaltung, Kerntechnik; Kernfusion
- Do 17. Mai **Himmelfahrt**
- 9) Di 22. Mai **Kernphysik im Universum**
Elementsynthese im Urknall; ~ in Sternen, Sternentwicklung, Supernovae; Kosm. Strahlung
- 10) Do 24. Mai **Nukleonen 1**
Elastische Streuung, Formfaktoren, Ladungsradien
- 11) Di 29. Mai **Nukleonen 2**
Tiefinelastische Streuung, angeregte Zustände von Nukleonen, Strukturfunktionen, Partonen, Quarks
- 12) Do 31. Mai **Quarks, Gluonen, Hadronen**
Quarkstruktur der Nukleonen, Quarks in Hadronen, qg-WW, Skalenverhalten

- 13) Di 5. Juni **e+e- Kollisionen**
Teilchenproduktion, Leptonpaare, Resonanzen, nicht-resonante Hadronproduktion, Gluonen
- Do 7. Juni **Fronleichnam**
- 14) Di 12. Juni **Symmetrien und Erhaltungssätze**
Kontinuierliche und diskrete Symmetrien; C, P, CP, CPT
- 15) Do 14. Juni **Schwache Wechselwirkung**
Neutronen, Betazerfall, Paritätsverletzung, V-A-Wechselwirkung
- 16) Di 19. Juni **Neutrale Kaonen**
Kaonen, CP-Verletzung, CKM-Matrix
- 17) Do 21. Juni **Neutrinos als Sonde**
Geladene und neutrale Ströme, Neutrino-Quark-Streuung
- 18) Di 26. Juni **W und Z Bosonen**
Entdeckung und Eigenschaften, Bedeutung der Präzisionsmessungen
- 19) Do 28. Juni **Das Standardmodell**
- 20) Di 3. Juli **Neutrino-Oszillationen**
Neutrinos aus der Sonne, aus Beschleunigern und Reaktoren
- 21) Do 5. Juli **Neutrinomasse**
Neutrinomasse im Standardmodell, kosmologische Bedeutung; Betazerfall (KATRIN etc.), $0\nu\beta\beta$ -Zerfall
- 22) Di 10. Juli **Dunkle Materie**
Evidenzen für DM; Teilchenkandidaten; Entdeckungsversuche
- 23) Do 12. Juli **Kosmische Strahlung**
Beschleunigung, Ausbreitung in der Galaxie, Luftschauer, extragal. K.S., Bedeutung für Astro- und Teilchenphysik
- 24) Di 17. Juli **Astroteilchenphysik**
Die Querverbindungen zwischen Astronomie, Kosmologie, Kern- und Teilchenphysik v. Urknall bis zum Higgs
- 25) Do 19. Juli **Offene Fragen, neue Projekte**
Aktuelle und geplante Experimente/Messungen

G. Drexlin 2010

Bücher zur Kern- und Teilchenphysik

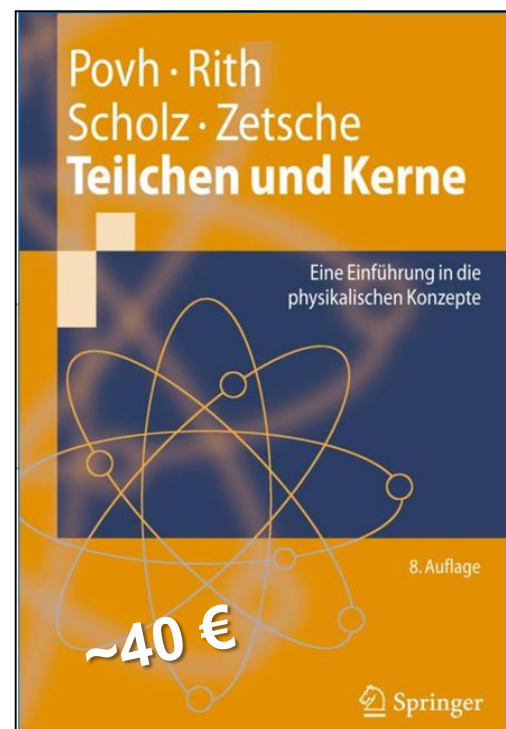


Claude Amsler

Kern- & Teilchenphysik

UTB Verlag (1. Aufl., 2007)

„Die Welt der elementaren Bausteine der Materie, Orientierung an Experimenten, histor. geordnet“



Bogdan Povh et al.

Teilchen und Kerne

Springer (8. Aufl., 2009)

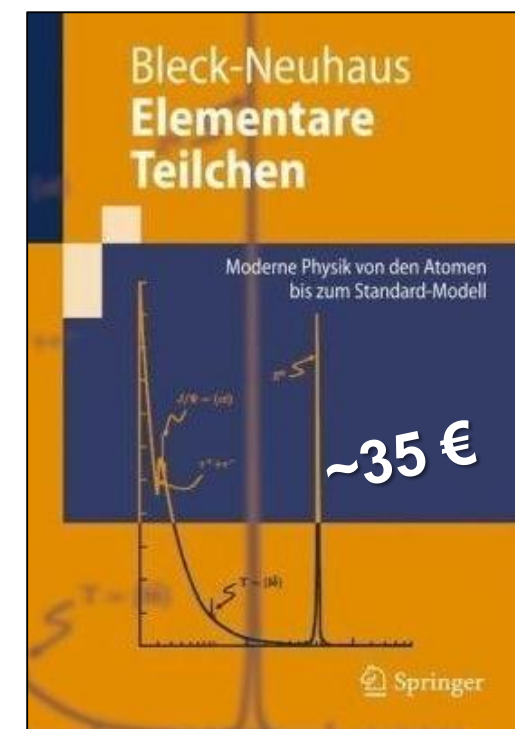
„Einheitliche Darstellung der Kern- & Teilchenphysik aus experimenteller Sicht, zahlreiche Aufgaben“



Hartmut Machner

Einführung in die Kern- & Elementarteilchenphysik

Wiley-VCH (1. Aufl., 2005)
„Einführung in theor. Grundlagen und experimentelle Methoden, Parallelen KTP“



Jörn Bleck-Neuhaus

Elementare Teilchen

Springer (1. Aufl., 3/2010)
„Suche nach den letzten Bausteinen der Materie mit Mitteln der Modernen Physik“

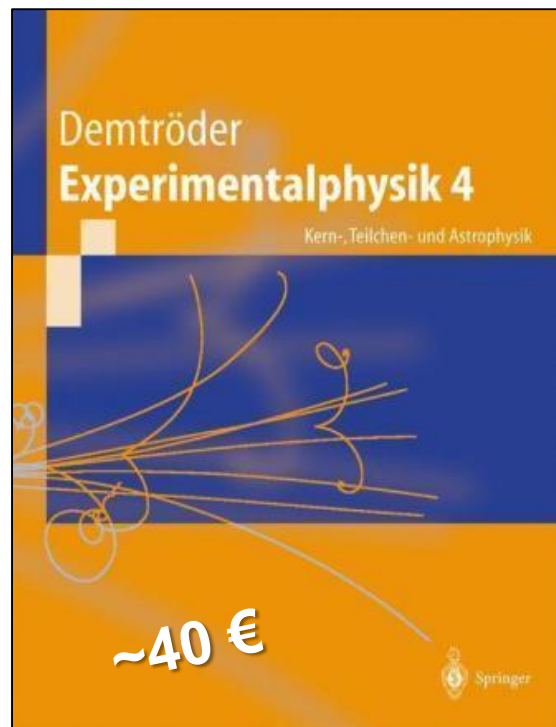
x

x e

e

G. Drexlin 2010

Bücher zur Kern- und Teilchenphysik



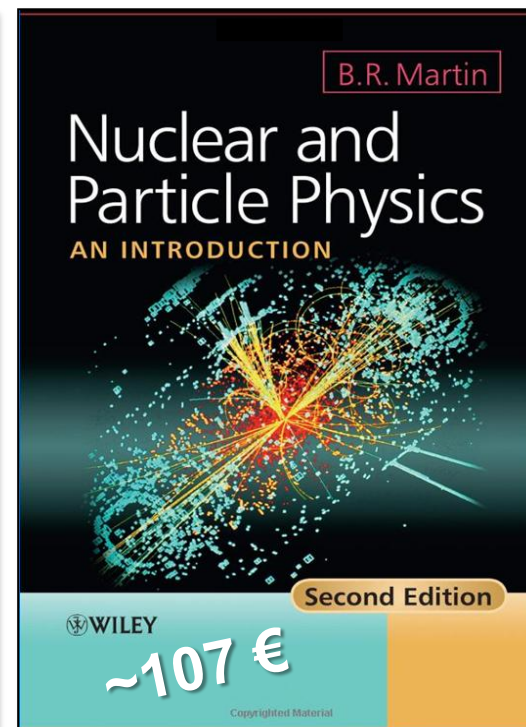
Wolfgang Demtröder

Experimentalphysik 4

Kern-, Teilchen- & Astrophysik.

Springer (3. Aufl., 11/2009)

„4. Band der Reihe über die Experimentalphysik, umfass. Neubearbeitung der Themen“

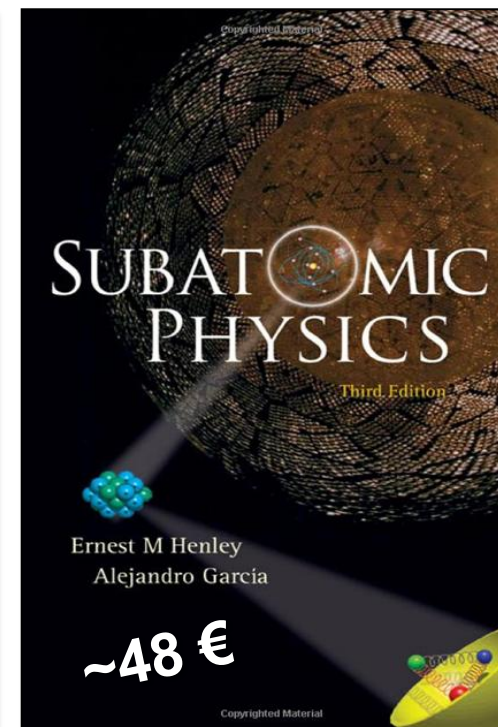


Brian R. Martin

Nuclear & Particle Physics

Wiley (2. Aufl., April 2009)

„standard topics of nuclear & particle physics, basic concepts and theory with current & future applications“

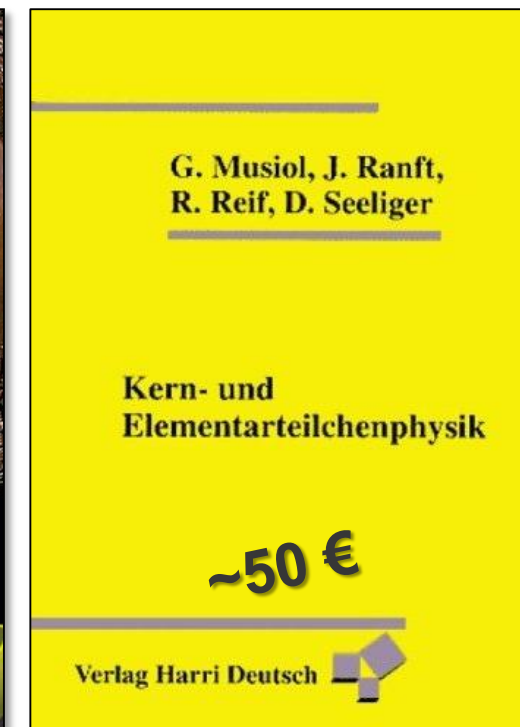


Ernest M. Henley

Subatomic Physics

World Scientific (3. ed.,

„fully updated ed. of the Classic textbook, up-to-date introduction to both theory & experiment“



Gerhard Musiol et al.

Kern- und Elementar-

teilchenphysik, Verlag

Harri Deutsch, (1995)

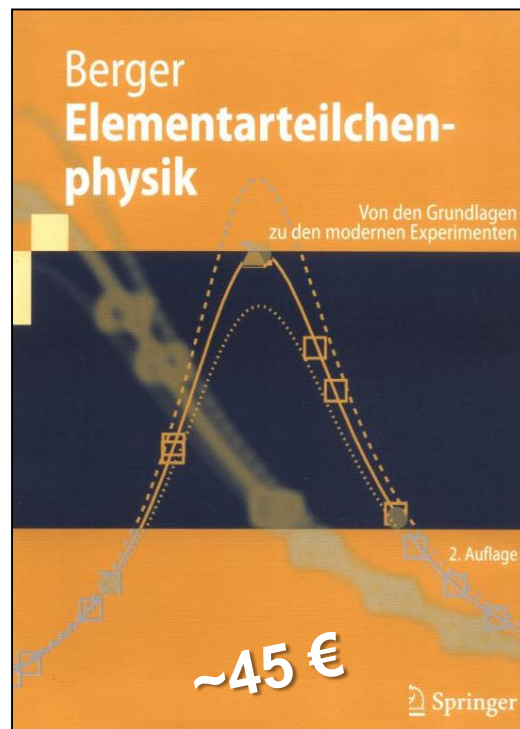
„zusammenfassende Darstellung der beiden Teilgebiete“

e

lit.

G. Drexlin 2010

Bücher zur Teilchenphysik

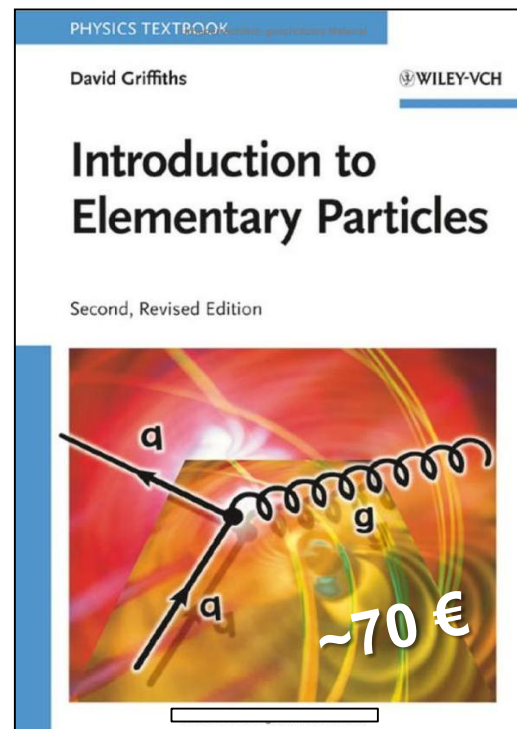


Christoph Berger

Elementarteilchenphysik

Springer (2. Aufl., 2006)

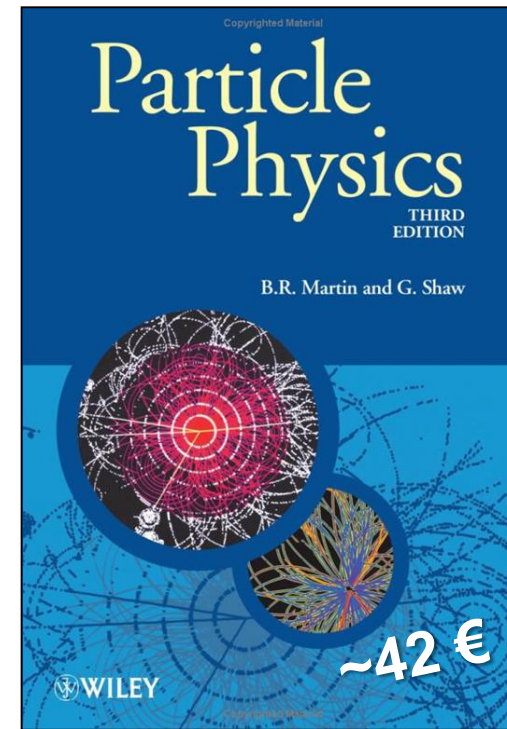
„Systematische Einführung von den Grundlagen zu modernen Experimenten, 88 Übungen mit Lösungen“



David Griffiths

Introduction to Elementary Particles, Wiley (2. ed. 2008)

„balancing intuitive understanding & mathematical, rigor, emphasizing particle theory, many exercises“

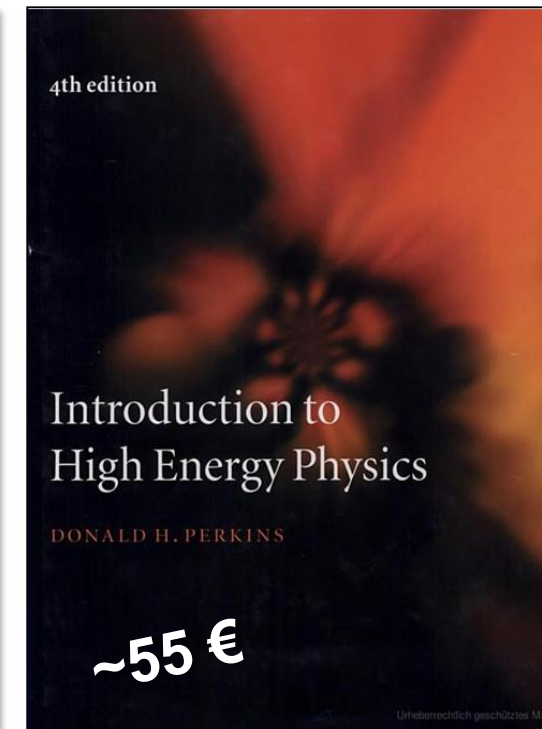


B.R. Martin, G.P. Shaw

Particle Physics

Wiley (3. Auflage. 12/2008)

„an introduction to particle physics, emphasizing the foundations of the SM in experimental data“



Donald H. Perkins

Introduction to High

Energy Physics, Cam-

Bridge Univ. (4. Aufl., 2000)

„Introduction to modern particle physics, connects to cosmology & astrophys.“

e

(x)

x

G. Drexlin 2010

Bücher zur Kernphysik



Theo Mayer-Kuckuk

Kernphysik

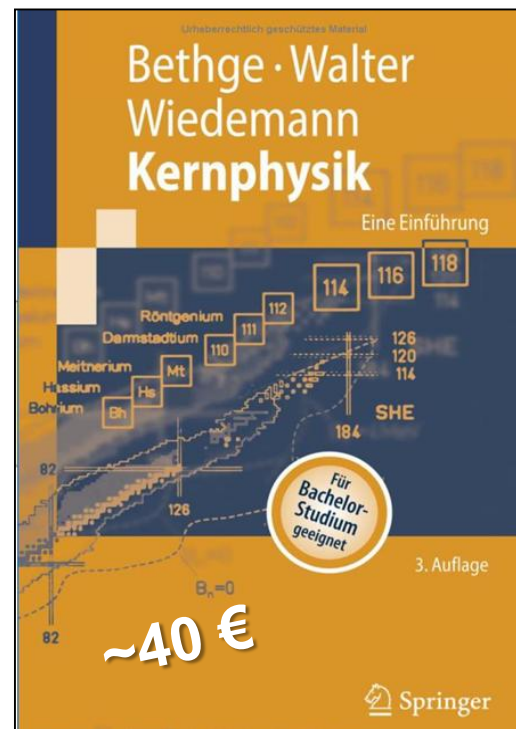
Teubner (7. Aufl., 2002)

„Grundlagen zum Gegen-

stand der Kernphysik:

etablierte Erscheinungen &

moderne Perspektiven“



Klaus Bethge et al.

Kernphysik

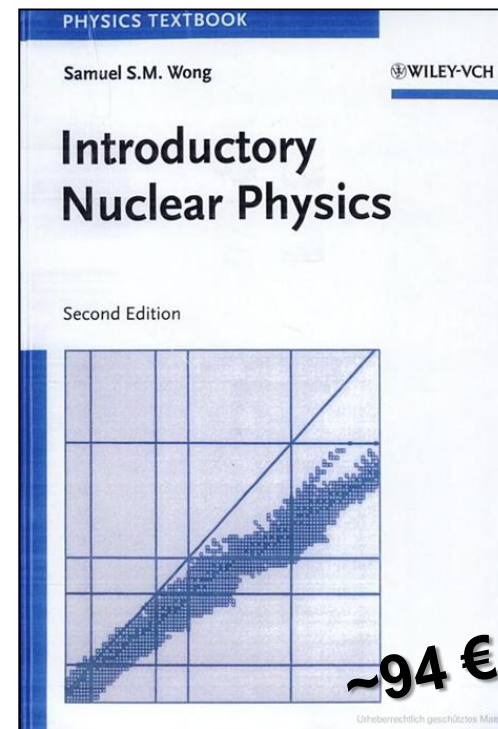
Springer (3. akt. Aufl., 2007)

„Überblick über theoret. &

experimentelle Grundlagen

Kernphysik. Methoden

mit zahlreichen Übungen“



Samuel S.M. Wong

Introductory Nuclear

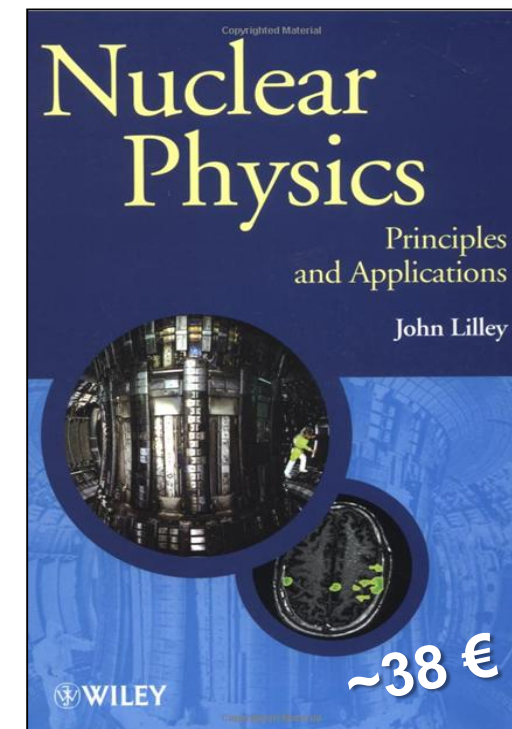
Physics Wiley-VCH (2.Ed.,

1998, „comprehensive

introduction to nuclear

physics, with coverage of

modern topics“



John S. Lilley

Nuclear Physics -

Principles & Applications

Wiley & sons, repr. 2006

„Kernphysik vom Stand-

punkt des Experimen-

tators, Anwendungen“

e

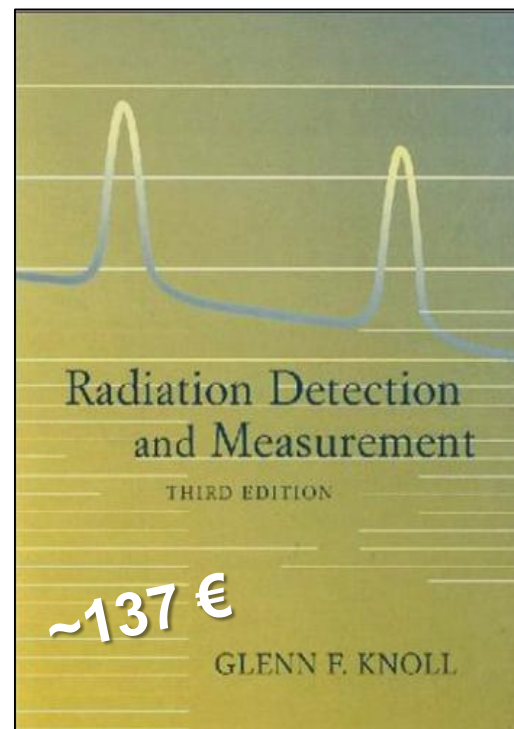
G. Drexlin 2010

Bücher zu Detektoren & experimentellen Techniken



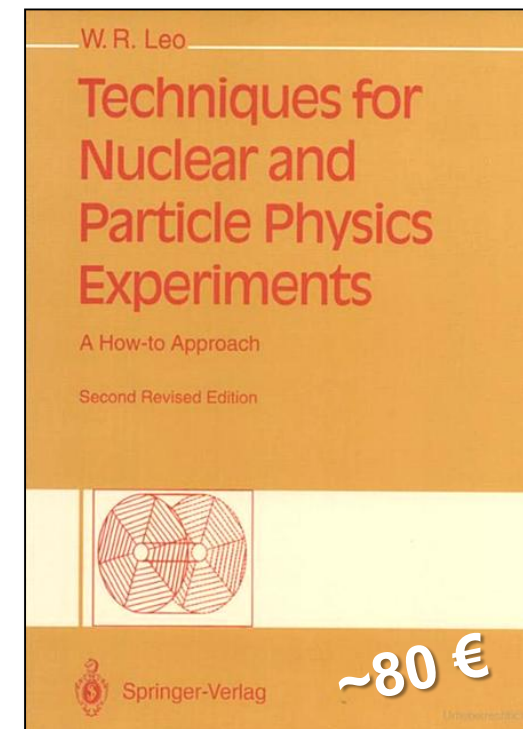
Konrad Kleinknecht

Detektoren für Teilchen-Strahlung, Teubner Verl.
4. Auflage (2005) „Überblick über den Aufbau & die Funktionsweise von Teilchendetektoren“



Glenn F. Knoll

Radiation Detection and Measurement, Wiley (3. Ed., 2000) „most compreh. reference on methods & instrumentation in the detection of ionis. radiation“



William R. Leo

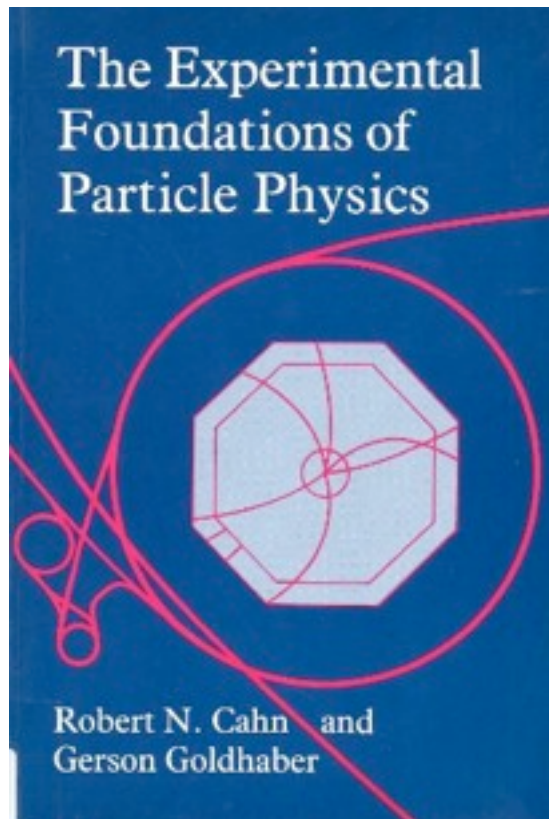
Techniques for Nuclear & Particle Physics Exp.
Springer Verl.(2. Ed. 1994)
„experim. techniques & instrumentation in nuclear & particle physics expts.“



Frank Hinterberger

Physik der Teilchenbe-Schleuniger & Ionenoptik
Springer Verl.(2. Aufl. 2008)
„Beschleunigertypen und Bauelemente, Ionenoptik mit magnet. Elementen“



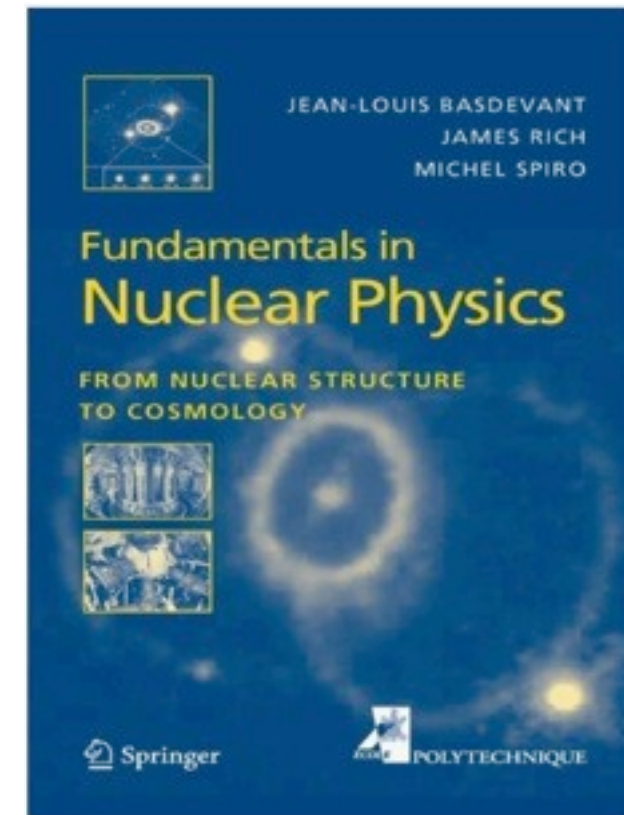


Preface to the Second Edition

Preface to the First Edition

- 1 The Atom Completed and a New Particle
- 2 The Muon and the Pion
- 3 Strangeness
- 4 Antibaryons
- 5 The Resonances
- 6 Weak Interactions
- 7 The Neutral Kaon System
- 8 The Structure of the Nucleon
- 9 The J/ψ , the τ , and Charm
- 10 Quarks, Gluons, and Jets
- 11 The Fifth Quark
- 12 From Neutral Currents to Weak Vector Bosons
- 13 Testing the Standard Model
- 14 The Top Quark
- 15 Mixing and CP Violation in Heavy Quark Mesons
- 16 Neutrino Masses and Oscillations
- 17 Epilogue

→ neu auf
Webseite



1. Basic concepts in nuclear physics
2. Nuclear models and stability
3. Nuclear reactions
4. Nuclear decays and fundamental interactions
5. Radioactivity and all that
6. Fission
7. Fusion
8. Nuclear Astrophysics
9. Nuclear Cosmology
- A. Relativistic kinematics
- B. Accelerators
- C. Time-dependent perturbation theory
- D. Neutron transport
- E. Solutions and Hints for Selected Exercises
- F. Tables of numerical values
- G. Table of Nuclei



Vorwort

- 1 Die Realität der Atome
- 2 Radioaktivität und Atomkern
- 3 Atomhülle und frühe Quantentheorie
- 4 Spezielle Relativitätstheorie
- 5 Allgemeine Relativitätstheorie
- 6 Quantenmechanik
- 7 Kernphysik – neue Teilchen und neue Kräfte
- 8 Hadronen – eine Fülle von «elementaren» Teilchen
- 9 Leptonen und Quarks – die Bausteine der Materie
- 10 Eich-Bosonen – die Träger der Kräfte
- 11 Kondensierte Materie
- 12 Anwendungen der modernen Physik

Nachwort

G. Drexlin 2010

Kern- & Teilchenphysik: Fachartikel



Open access to 571,171 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science, Quantitative Biology, Quantitative Finance

Subject search and browse:

8 Apr 2009: Added public author identifiers, Facebook interaction, myarticles widget,

31 Mar 2009: Quantum Gases (cond-mat.quant-gas) subject area added

See cumulative "What's New" pages.

Robots Beware: indiscriminate automated downloads from this site are *not* permitted.

Physics

- [Astrophysics \(astro-ph new, recent, find\)](#)
includes: Cosmology and Extragalactic Astrophysics; Earth and Planetary Astrophysics;
- [Condensed Matter \(cond-mat new, recent, find\)](#)
includes: Disordered Systems and Neural Networks; Materials Science; Mesoscale
- [General Relativity and Quantum Cosmology \(gr-qc new, recent, find\)](#)
- [High Energy Physics - Experiment \(hep-ex new, recent, find\)](#)
- [High Energy Physics - Lattice \(hep-lat new, recent, find\)](#)
- [High Energy Physics - Phenomenology \(hep-ph new, recent, find\)](#)
- [High Energy Physics - Theory \(hep-th new, recent, find\)](#)
- [Mathematical Physics \(math-ph new, recent, find\)](#)
- [Nuclear Experiment \(nucl-ex new, recent, find\)](#)
- [Nuclear Theory \(nucl-th new, recent, find\)](#)
- [Physics \(physics new, recent, find\)](#)
includes: Accelerator Physics; Atmospheric and Oceanic Physics; Atomic Physics;
General Physics; Geophysics; History of Physics; Instrumentation and Detectors;
- [Quantum Physics \(quant-ph new, recent, find\)](#)

preprints in:

hep-ex, nucl-ex (Experiment)
hep-ph (Phänomenologie)
nucl-th (Kernphysik-Theorie)

referierte Fachartikel:

- Phys. Rev. C, D
- Phys. Rev. Letters
- J. Phys. G (Nucl. & Part.)
- Phys. Lett. B
- Astroparticle Physics

News

The 2011 web edition of Reviews, Tables, and Plots is now available in addition to the 2011 Particle Listings, Summary Tables, and pdgLive.

Funded By:

US DOE
US NSF
CERN
MEXT (Japan)
INFN (Italy)
MEC (Spain)

The Review of Particle Physics

K. Nakamura *et al.* (Particle Data Group), J. Phys. G **37**, 075021 (2010) and 2011 partial update for the 2012 edition.



pdgLive - Interactive Listings

Summary Tables

Reviews, Tables, Plots

Particle Listings

[Order PDG Products](#)

[Figures in reviews](#)

[Atomic Nuclear Properties](#)

[Errata](#)

[Archives](#)

[Astrophysics & Cosmology](#)

HEP Papers

[INSPIRE](#)

[arXiv.org](#)

[CERN Documents](#)

People

[HepNames](#)

Institutions

[INSPIRE database](#)

[PDG list](#)

PDG Outreach

[Particle Adventure](#)

[CPEP](#)

[History book](#)

Mirrors:

USA (LBNL)
Brazil
CERN
Indonesia
Italy
Japan (KEK)
Russia (Novosibirsk)
Russia (Protvino)
UK (Durham)

SEARCH

■ Notationen

- präzise Schlamperei kann Zeit sparen...

■ Tour de Force

- durch die Geschichte der Kern- und Teilchenphysik
- um was geht es in dieser Vorlesung?

■ rel. Kinematik

- Anwendungen von Quantenmechanik, Relativitätstheorie

Notationen

MeV GeV TeV PeV EeV
6 9 12 15 18

G. Drexlin 2010

Größe	Kern- / Teilchenphysik	SI - Einheit
Länge	1 fm (1 Fermi)	10^{-15} m
Energie	1 GeV = 10^9 eV	$1,602 \times 10^{-10}$ J
Masse = E/c^2	1 GeV/ c^2	$1,78 \times 10^{-27}$ kg
$\hbar = h/2\pi$	$6,588 \times 10^{-25}$ GeV s	$1,055 \times 10^{-34}$ J s
c	$2,998 \times 10^{23}$ fm s $^{-1}$	$2,998 \times 10^8$ m s $^{-1}$
$\hbar \cdot c$	0,1975 GeV fm	$3,162 \times 10^{-26}$ J m

natürliche Einheiten $\hbar = c = 1$	
Masse	1 GeV
Länge	1 GeV $^{-1}$ = 0.1975 fm
Zeit	1 GeV $^{-1}$ = $6.59 \cdot 10^{-25}$ s

Heaviside-Lorentz Einheiten		
$\epsilon_0 = \mu_0 = \hbar = c = 1$		
Feinstruktur	$\alpha = e^2 / 4\pi$	1 / 137.06

$= \pi = 2\pi = 1 \quad \downarrow$

Tour de Force

10 1. Einleitung

Allgemeines Teilchen Instrumente

Historische Entwicklung der Kern- und Elementarteilchenphysik

Jahr	Entdecker	Entdeckung	Erstpubl.
1895	Röntgen, Wilhelm Conrad (1845-1923), NPP* 1901	Entdeckung der Röntgen-Strahlung	[RÖ95]
	Perrin, Jean-Baptiste (1870-1942), NPP 1926	Entdeckung der Diskontinuität der Materie am Fluß der Kathodenstrahlen	[PE95]
1896	Becquerel, Antoine Henri (1852-1908), NPP 1903	Entdeckung der Radioaktivität bei Lumineszenzuntersuchungen an Uran-Mineralien	[BE96]
1897	Thomson, Joseph John (1856-1940), NPP 1906	Entdeckung des Elektrons als erstem Elementarteilchen	[TH97]
1898	Sklodowska, Marie (1867-1934), NPP 1903, NPC† 1911 Curie, Pierre (1859-1906), NPP 1903	Entdeckung der Elemente Radium und Polonium	[CU98]
	Elster, Julius (1854-1920) Geitel, Hans Friedrich (1855-1923)	Erklärung der Radioaktivität als Elementumwandlung	[EL98]
1900	Planck, Max Karl Erwin Ludwig (1858-1947), NPP 1918	Postulat des Wirkungsquantums	[PL00]
	Rutherford, Ernest (1871-1937), NPC 1908	Entdeckung des Elements Radon, zunächst als Thorium-Emanation (^{220}Rn) bezeichnet	[RU00]
	Becquerel, Antoine Henri	Nachweis der Identität der β -Strahlen radioaktiver Elemente mit den Kathodenstrahlen in Ablenkversuchen	[BE00]
	Villard, Paul Ulrich (1860-1934)	Entdeckung des magnetisch nicht ablenkbaren Anteils in der radioaktiven Strahlung (γ -Strahlung), Identifizierung als elektromagnetische Strahlung	[VI00]
1901	Lebedew, Pjotr Nikolajewitsch (1866-1912)	Experimenteller Nachweis des Lichtdrucks	[LE01]
1902	Rutherford, Ernest Soddy, Frederick (1877-1956), NPC 1921	Ableitung des radioaktiven Zerfallsgesetzes	[RU02]

*NPP: Nobelpreis für Physik, †NPC: Nobelpreis für Chemie

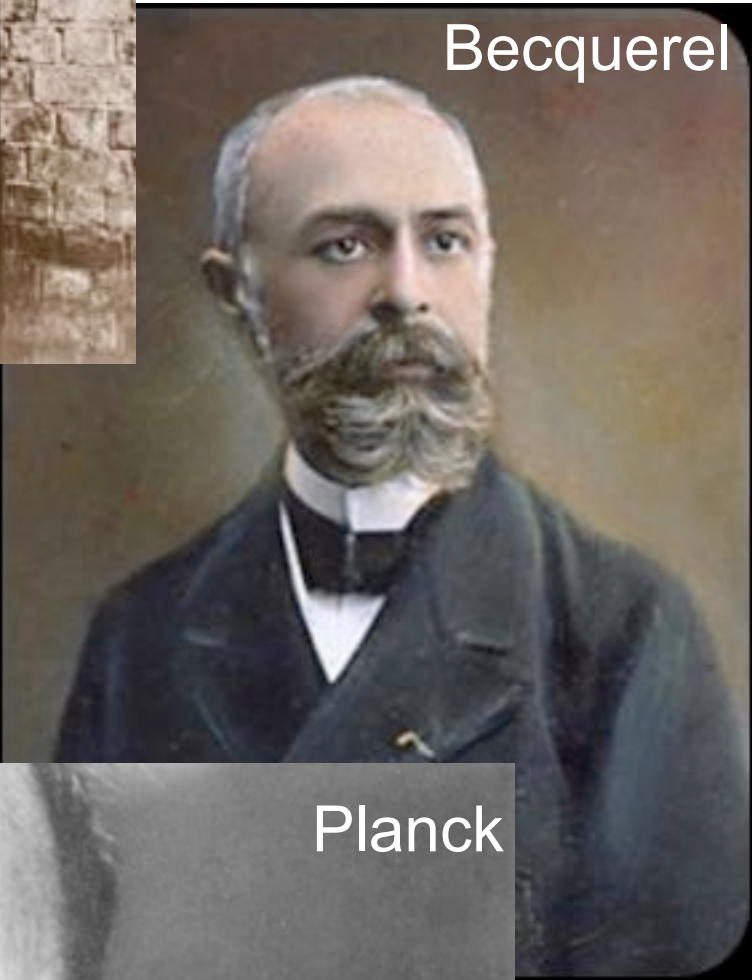
Historische Entwicklung der Kern- und Elementarteilchenphysik

Jahr	Entdecker	Entdeckung	Erstpubl.
1895	Röntgen, Wilhelm Conrad (1845-1923), NPP* 1901	Entdeckung der Röntgen-Strahlung	[RÖ95]
	Perrin, Jean-Baptiste (1870-1942), NPP 1926	Entdeckung der Diskontinuität der Materie am Fluß der Kathodenstrahlen	[PE95]
1896	Becquerel, Antoine Henri (1852-1908), NPP 1903	Entdeckung der Radioaktivität bei Lumineszenzuntersuchungen an Uran-Mineralien	[BE96]
1897	Thomson, Joseph John (1856-1940), NPP 1906	Entdeckung des Elektrons als erstem Elementarteilchen	[TH97]
1898	Skłodowska, Marie (1867-1934), NPP 1903, NPC† 1911 Curie, Pierre (1859-1906), NPP 1903	Entdeckung der Elemente Radium und Polonium	[CU98]
	Elster, Julius (1854-1920) Geitel, Hans Friedrich (1855-1923)	Erklärung der Radioaktivität als Elementumwandlung	[EL98]
	Planck, Max Karl Erwin Ludwig (1858-1947), NPP 1918	Postulat des Wirkungsquantums	[PL00]
1900	Rutherford, Ernest (1871-1937), NPC 1908	Entdeckung des Elements Radon, zunächst als Thorium-Emanation (²²⁰ Rn) bezeichnet	[RU00]
	Becquerel, Antoine Henri	Nachweis der Identität der β-Strahlen radioaktiver Elemente mit den Kathodenstrahlen in Ablenkversuchen	[BE00]
	Villard, Paul Ulrich (1860-1934)	Entdeckung des magnetisch nicht ablenkbaren Anteils in der radioaktiven Strahlung (γ-Strahlung), Identifizierung als elektromagnetische Strahlung	[VI00]
	Lebedew, Pjotr Nikolajewitsch (1866-1912)	Experimenteller Nachweis des Lichtdrucks	[LE01]
1902	Rutherford, Ernest Soddy, Frederick (1877-1956), NPC 1921	Ableitung des radioaktiven Zerfallsgesetzes	[RU02]

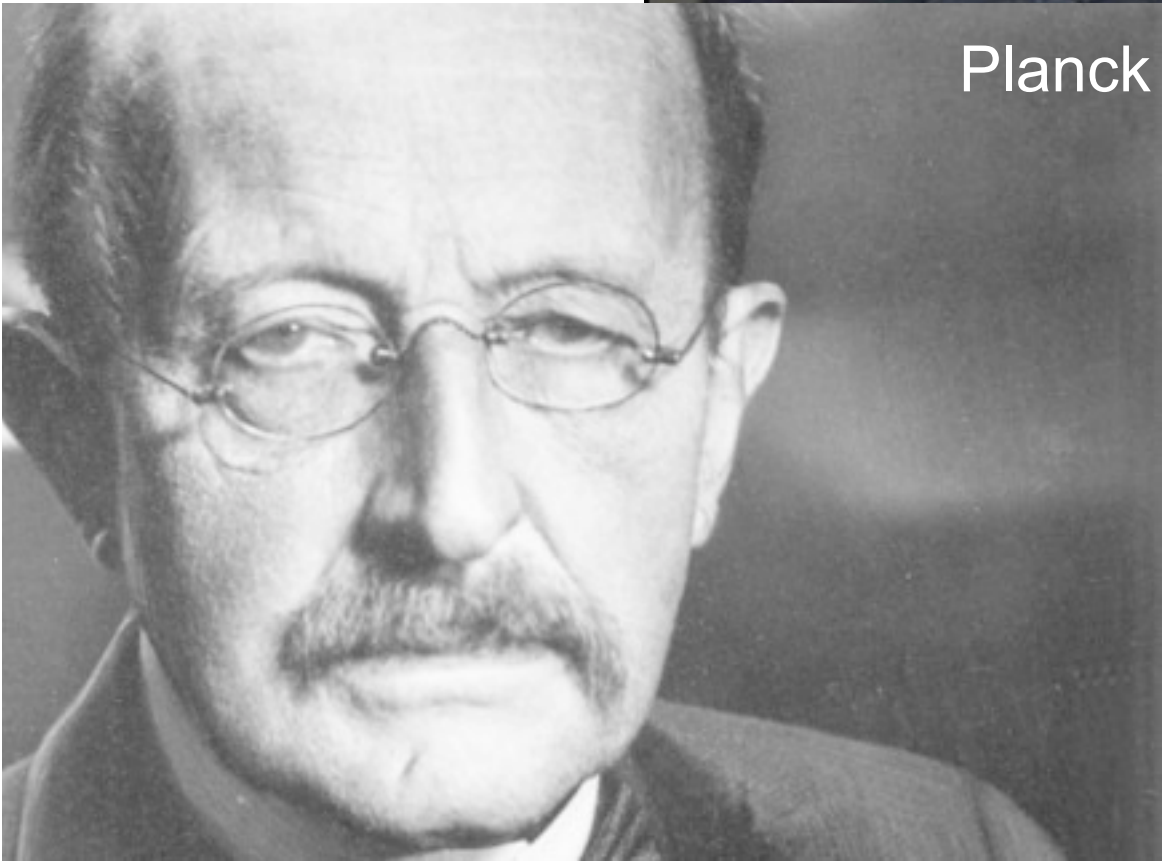
*NPP: Nobelpreis für Physik, †NPC: Nobelpreis für Chemie



JJ Thomson



Becquerel



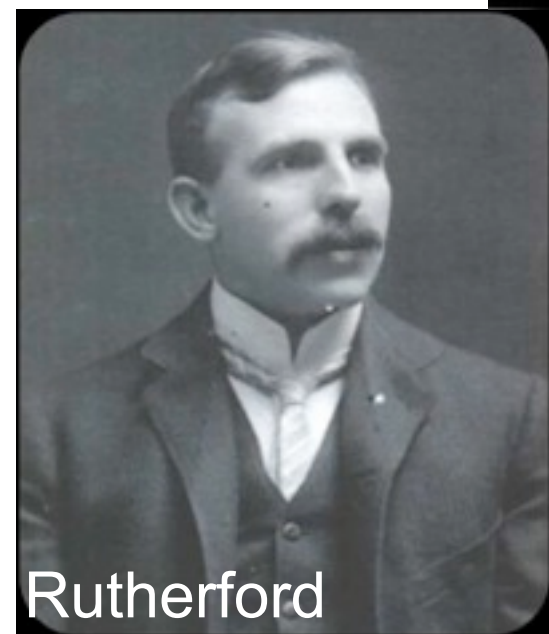
Planck



Geiger



Hess



Rutherford



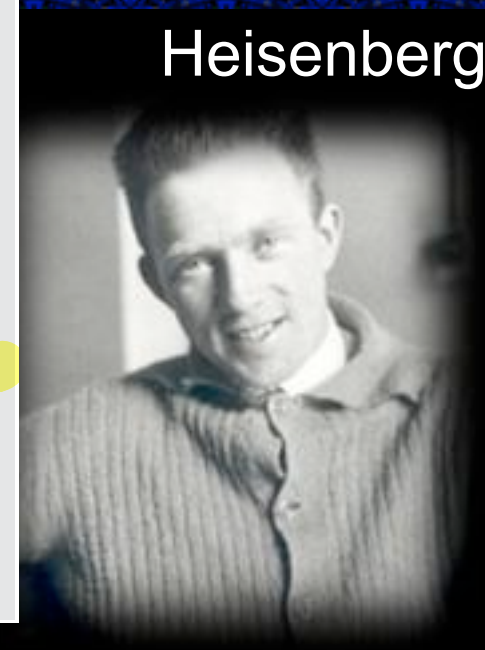
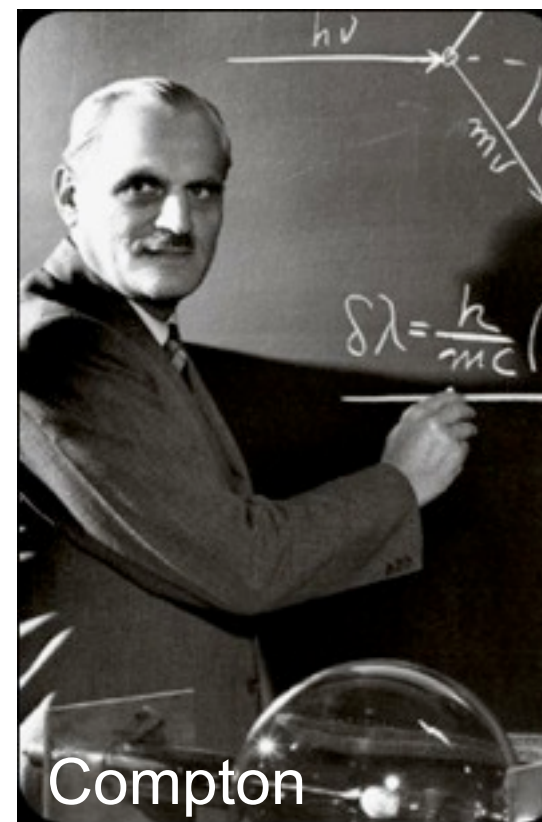
Millikan



Einstein

1903/ 1906	Giesel , Friedrich Oskar (1852-1927) Hahn , Otto (1879-1968), NPC 1944	Entdeckung der Actinium- Emanation (^{219}Rn)	[GI03] [HA06]
1903	Ramsay , William (1852-1916), NPC 1904 Soddy , Frederick	Entdeckung, daß Helium in Radiumverbindungen auftritt	[RA03]
1905	Hahn , Otto	Entdeckung des Radiothor (^{228}Th)	[HA05]
	Poincaré , Jules Henri (1854-1912)	Einführung des Relativitätsprinzips	[PO05]
	Einstein , Albert (1879-1955), NPP 1921	Lichtquantenhypothese Relativitätstheorie	[EI05a] [EI05b]
1907	Thomson , Joseph John	Parabelspektrograph als erstes Massenspektrometer	[TH07]
1908	Rutherford , Ernest Geiger , Hans Wilhelm (1882-1945)	Identifizierung der α -Strahlung als He^{++} -Kerne, Entwicklung des Spitzenzählers	[RU08]
1909/ 1910	Rutherford , Ernest Geiger , Hans Wilhelm Marsden , Ernest (1889-1970)	Aus Ablenkversuchen von α -Teilchen an Gold wird postuliert, daß der Atomkern nur einen Durchmesser von ca. 10^{-12} cm hat (Rutherford-Streuung)	[GE09] [RU11]
1911	Geiger , Hans Wilhelm Nuttall , John Mitchell (1890-1958)	Postulierung der Reichweite- Halbwertszeit-Beziehung für α -Strahler	[GE11]
	Hess , Viktor Franz (1883-1964), NPP 1936 Kolhörster , Werner (1887-1946)	Entdeckung der Höhenstrahlung	[HE11]
	Wilson , Charles Thomson Rees (1869-1959), NPP 1927	Entwicklung der Expansionsnebelkammer	[WI11]
	Millikan , Robert Andrews (1868-1953), NPP 1923	Messung der Ladung des Elektrons	[MI11]
1913	Bohr , Niels Hendrik David (1885-1962), NPP 1922	Postulat eines Atommodells, Bestimmung des Energieverlusts geladener Teilchen beim Durchgang durch Materie	[BO13]
	Soddy , Frederick	Einführung des Begriffs Isotopie	[SO13]
	Soddy , Frederick Fajans , Kasimir (1887-1975)	Isotopie-Verschiebungssatz	[SO13] [FA13]

1914	Chadwick, James (1891-1974), NPP 1935	Messung des kontinuierlichen β -Spektrums	[CH14]
1918	Hahn, Otto Meitner, Lise (1878-1968)	Entdeckung des Elements $Z = 91$, Protactinium	[HA18]
1919	Aston, Francis William (1877-1945), NPC 1922	Prototyp des Massenspektrographen	[AS19]
	Rutherford, Ernest	Erste künstliche Kernumwandlung in der Reaktion $^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$	[RU19]
1920	Rutherford, Ernest	Neutronen-Hypothese	[RU20]
	Greinacher, Heinrich (1880-1974)	Spannungsvervielfacher-Schaltung	[GR20]
1921	Hahn, Otto	Entdeckung der Kernisomerie	[HA21]
1922	Compton, Arthur Holly (1892-1962), NPP 1927	Entdeckung des Compton-Effekts	[CO23]
1923	de Broglie, Louis Victor (1892-1987), NPP 1929	Materiewellenhypothese	[DE23]
1924	Pauli, Wolfgang (1900-1958), NPP 1945	Postulat des Kernspins des Protons	[PA24]
	Blackett, Patrik Maynard Stuart (1897-1974), NPP 1948	Sichtbarmachung von Kern- reaktionen in der Nebelkammer	[BL25]
	Meitner, Lise	Postulat, daß γ -Strahlung stets nur im Gefolge von α - oder β -Strahlung auftritt	[ME24]
	Bose, Satyendranath (1894-1974)	Postulat der Bose-Statistik	[BO24]
1925	Pauli, Wolfgang	Formulierung des Pauli-Ausschließungsprinzips	[PA25]
1926	Fermi, Enrico (1901-1954), NPP 1938 Dirac, Paul Adrien Maurice (1902-1984), NPP 1933	Formulierung der Fermi-Dirac- Statistik, Fermionen sind Teilchen mit halbzahligem Spin	[FE26] [DI26]
1927	Heisenberg, Werner Karl (1901-1976), NPP 1932	Formulierung der Unschärferelation	[HE27]





Carl David Anderson - 1936
Geboren am 3. September 1905 in New York

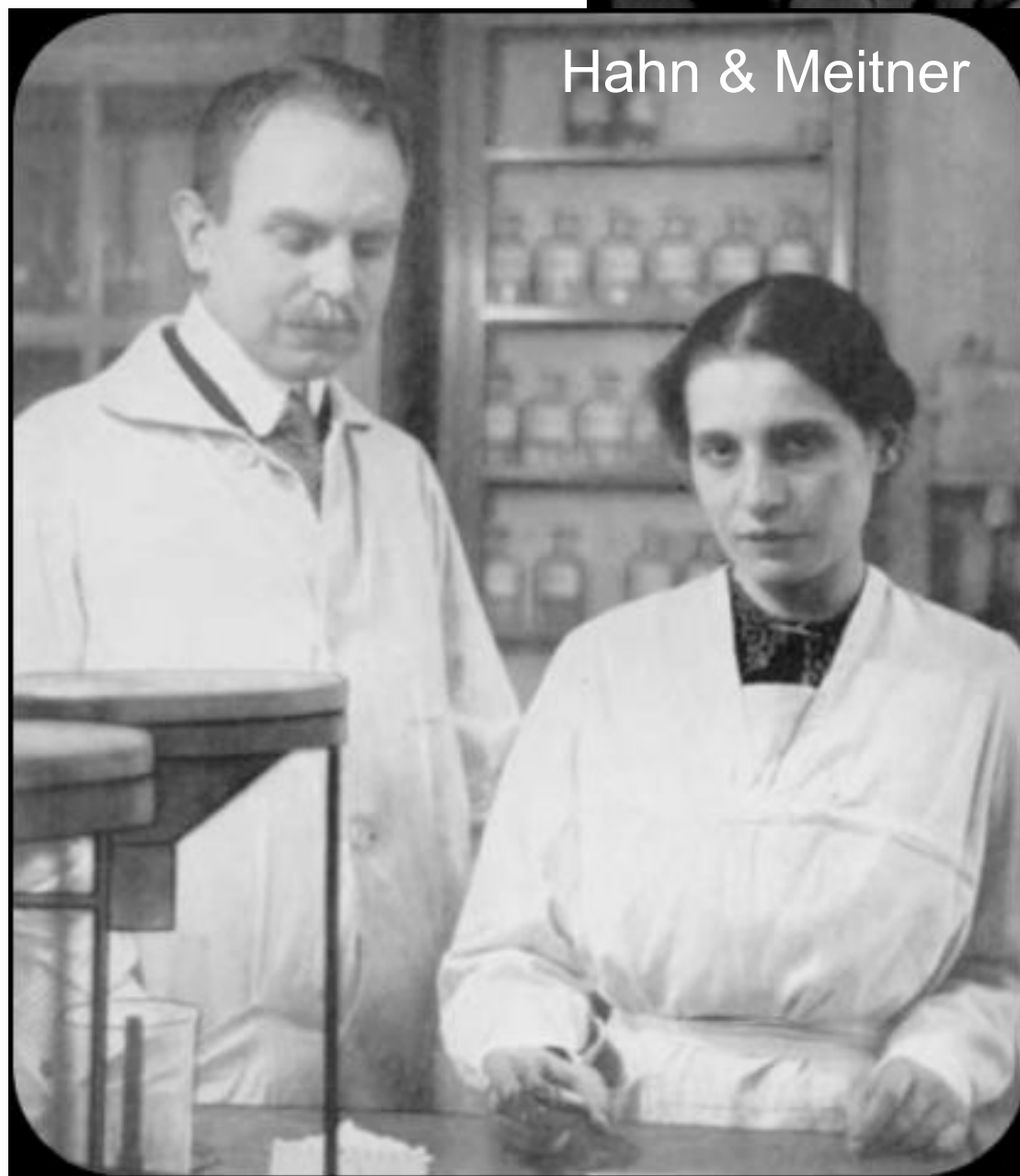
1928	Geiger , Hans Wilhelm Müller , Walter (1905-1979)	Entwicklung des Geiger-Müller-Auslösezählrohrs	[GE28]
	Gamow , George Anthony (1904-1968)	Erklärung des α -Zerfalls als Tunnelprozess	[GA28]
	Wideroe , Rolf (1902-1996)	Vorschlag des Betatronprinzips	[WI28]
1929	Bothe , Walter Wilhelm (1891-1957), NPP 1954 Kolhörster , Werner	Erfindung der Koinzidenz-Meßmethode	[BO29]
1930	Lawrence , Ernest Orlando (1901-1958), NPP 1939 Edlefsen , Niels Edlef (1893-1971)	Erfindung des Zyklotrons	[LA30]
	Cockroft , John Douglas (1897-1967), NPP 1951 Walton , Ernest Thomas Sinton (1903-1995), NPP 1951	Erfindung des Kaskadenbeschleunigers (aufgrund der Greinacher-Spannungs-Vervielfacher-Schaltung)	[CO30]
	Pauli , Wolfgang	Zaghafte Postulierung des Neutrinos (zunächst Neutron genannt)	[PA30]
1931	van de Graaff , Robert Jameson (1901-1967)	Erfindung des Bandgenerator-Beschleunigers	[GR31]
	Sloan , David H. (1904-1990) Lawrence , Ernest Orlando	Inbetriebnahme des ersten Linearbeschleunigers	[SL31]
1932	Chadwick , James	Entdeckung des Neutrons	[CH32]
	Heisenberg , Werner Karl	Einführung des Begriffs „Isospin“, wonach die Kernbestandteile Proton und Neutron zwei Zustände eines Teilchens sind	[HE32]
	Anderson , Carl David (1905-1991), NPP 1936	Entdeckung des Positrons	[AN32]
	Hertz , Gustav Ludwig (1887-1975), NPP 1925	Isotopentrennung mit Diaphragmen-Trennstufen	[HE32a]
	Blackett , Patrick Maynard Stuart Occhialini , Giuseppe Paolo Stanislao (1907-1993)	Entwicklung der automatisch triggerbaren Nebelkammer	[BL32]
	Urey , Harold Clayton (1893-1981), NPC 1934	Entdeckung des Deuteriums	[UR32]

1932	Raman, Chandrasekhara Venkata (1888-1970), NPP 1930 Bhagavantam, S.	Bestimmung des Spin 1 des Photons	[RA32]
1933	Joliot, Jean Frédéric (1900-1958), NPC 1935	Entdeckung der Paarvernichtung	[JO33]
1934	Fermi, Enrico	Erste Formulierung einer Theorie des β -Zerfalls	[FE34]
	Joliot-Curie, Irene (1897-1956), NPC 1935 Joliot, Jean Frédéric	Erste Erzeugung künstlicher Radioaktivität, des Positronen- strahlers ^{30}P	[JO34]
	Čerenkov, Paul Alexejewitsch (1904-1990), NPP 1958 Frank, Ilja Michailowitsch (1908-1990), NPP 1958 Tamm, Igor Evgenewitsch (1895-1971), NPP 1958	Entdeckung des Čerenkov-Effekts	[CE34]
	Mattauch, Joseph (1895-1976) Herzog, Richard (*1911)	Erfindung des doppelt- fokussierenden Massen- spektrometers	[MA34]
	Mattauch, Joseph	Formulierung der Isobarenregel	[MA34a]
	Szilard, Leo (1898-1964) Chalmers, T. A.	Entdeckung des Szilard-Chalmers-Effekts	[SZ34]
	Chadwick, James Goldhaber, Maurice (*1911)	Entdeckung des Kernphotoeffekts	[CH34]
	Noddack, Ida Eva (1896-1978)	Postulat der Kernspaltung	[NO34]
1935	Yukawa, Hideki (1907-1981), NPP 1949	Mesonenhypothese zur Erklärung der Kernkraft	[YU35]
	Bethe, Hans Albrecht (*1906), NPP 1967 von Weizsäcker, Carl Friedrich (1912-2007)	Tröpfchenmodell zur Berechnung der Kernmassen	[WE35] [BE36]
1936	Bohr, Niels Hendrik David	Compoundkernhypothese als Kernreaktionsmechanismus	[BO36]
	Breit, Gregory (1899-1981) Wigner, Eugene Paul (1902-1995), NPP 1963	Theorie der Resonanzen in Kernreaktionen	[BR36]





Bethe



Hahn & Meitner

1937	Anderson, Carl David Neddermeyer, Seth Henry (1907-1988)	Entdeckung des Myons in Nebelkammeraufnahmen kosmischer Strahlung	[NE37]
	Alvarez, Luis Walter (1911-1988), NPP 1968	Entdeckung des Elektronen- einfangs als radioaktive Zerfallsart	[AL37]
	Bothe, Walter Wilhelm Gentner, Wolfgang (1906-1980)	Beobachtung des Kernphoto- effekts an mittelschweren Kernen	[BO37]
	Wheeler, John Archibald (*1911)	Vorschlag des S-Matrix Formalismus	[WH37]
	Schwinger, Julian (1918-1994), NPP 1965	Bestätigung des Spins $\frac{1}{2}$ des Neutrons	[SC37]
1938	Bethe, Hans Albrecht von Weizsäcker, Carl Friedrich	Entdeckung des CNO-Zyklus als eine Kernreaktionskette in der Energieerzeugung in Sternen	[BE38] [WE38]
	Hahn, Otto Straßmann, Friedrich Wilhelm (1902-1980)	Entdeckung der induzierten Kernspaltung	[HA39]
	Clusius, Klaus Paul Alfred (1903-1963) Dickel, Georg (*1913)	Anwendung der Thermodiffusion zur Isotopentrennung	[CL38]
1939	Frisch, Otto Robert (1904-1979) Meitner, Lise	Erste Erklärung der Kernspaltung	[ME39]
	Joliot-Curie, Irene Joliot, Frédéric Kowarski, Lew (1907-1979) von Halban, Hans (1908-1964) Flerov Georgij Nikolajewitsch (1913-1990) Rusinov, Lew Iljitsch (1907-1960) Fermi, Enrico Szilard, Leo	Experimenteller Nachweis der Spaltneutronen	[AN39] [HA39a] [RU40] [SZ39]
	Bohr, Niels Hendrik David Wheeler, John Archibald	Theorie der Kernspaltung auf der Grundlage eines hydrodynamischen Modells	[BO39]

1940	Flerov , Georgij Nikolajewitsch Petrzhak , Konstantin Andronowitsch (*1911)	Entdeckung der spontanen Spaltung des Urankerns	[FL40]
	McMillan , Edwin Mattison (1907-1991), NPC 1951 Abelson , Philip Hauge (*1913)	Entdeckung des ersten Transuran-Elements Neptunium (Z=93)	[MC40]
	Seaborg , Glenn Theodore (1912-1999), NPC 1951 et al.	Entdeckung des Elements Plutonium (Z=94)	[SE46]
	Alvarez , Luis Walter Bloch , Felix (1905-1983), NPP 1952	Messung des magnetischen Moments des Neutrons	[AL40]
1941	Mattauch , Joseph	Isomerie-Regeln	[MA41]
	Kerst , Donald William (1911-1993)	Erstes Betatron in Betrieb	[KE41]
1942	Pauli , Wolfgang Dancoff , Sidney Michael (1914-1951)	Einführung des Begriffs „Nukleon“	[PA42]
	Fermi , Enrico et al.	Erster Kernreaktor in Chicago wird kritisch	[FE44]
1943	Lawrence , Ernest Orlando	Elektromagnetische Massen- trennung mit Calutrons	[SM45]
1944	Seaborg , Glenn Theodore James , Ralph Arthur (*1920) Ghiorso Albert (*1915)	Entdeckung des Elements Curium (Z=96)	[SE44]
	Veksler , Vladimir Iosifovic (1907-1966) McMillan , Edwin Mattison	Erfindung des Synchrotron- prinzips und Entdeckung der Phasenfokussierung	[VE45] [MC45]
	Leprince-Ringuet , Louis Marie E. (1901-2000) Lh��ritier , Michel	Entdeckung des K^+ -Mesons	[LE44]
1945	Abwurf der ersten Uran-Bombe	auf Hiroshima am 6. August	
	Abwurf der ersten Plutonium-Bombe	auf Nagasaki am 9. August	



Bloch

Powell



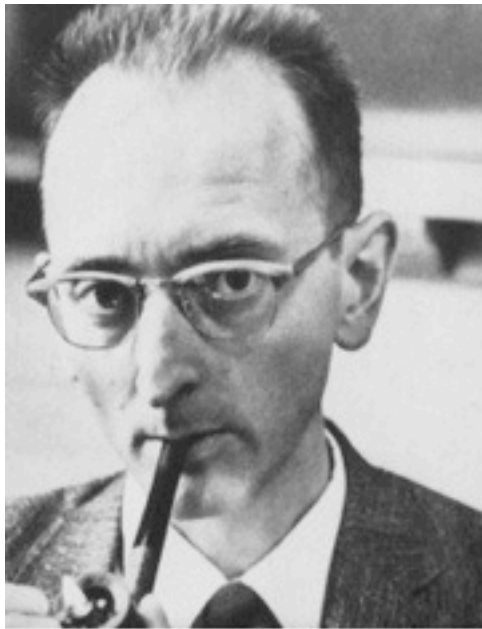
Fig. 1. Inflation of balloon of polyethylene just after dawn. The balloon has a total length of about 120 ft. and most of the fabric is on the ground. Such a balloon can in favourable conditions give level flight at about 90,000 ft. for many hours with a load of 40 kg.

1945	Seaborg , Glenn Theodore James , Ralph Arthur Morgan , Leon Owen (*1919) Ghiorso , Albert	Entdeckung des Elements Americium (Z=95)	[SE45]
1946	Bloch , Felix Purcell , Edward Mills (1912-1997), NPP 1952 Libby , Willard Frank (1908-1980), NPC 1960	Entdeckung der kern-magnetischen Resonanz-spektroskopie (NMR) Entdeckung des ^{14}C -Gleichgewichts in der Atmosphäre, Entwicklung der ^{14}C -Altersbestimmungsmethode	[PU46] [BL46] [LI46]
1947	Kallmann , Hartmut (1896-1978) Broser , Immanuel (*1924) Powell , Cecil Frank (1903-1969), NPP 1950 Lattes , Cesare Mansueto Giulio (*1924) Occhialini , Giuseppe Paolo Stanislaw	Entwicklung des Szintillationszählers Entdeckung der Pionen in Spurenplatten, die der Höhenstrahlung ausgesetzt waren	[BR47] [LA47] [OC48]
	Marshall , Fitz-Hugh Ball (*1912) Coltman , John Wesley (*1915) Rochester , George Dixon (*1908) Butler , Clifford Charles (1922-1999)	Erfindung des Photomultipliers Entdeckung der V-Ereignisse	[MA47] [RO47]
1948	Haxel , Otto Philipp Leonhard (1909-1998) Jensen , Johannes Hans Daniel (1907-1973), NPP 1963 Suess , Hans Eduard (1909-1993) Goeppert-Mayer , Maria (1906-1972), NPP 1963 Schwinger , Julian Seymour Snell , Arthur Hawley (*1909) Miller , Leonhard Charles	Entdeckung des Einteilchen-Schalenmodells der Atomkerne Theoretischer Wert für g-2 β -Zerfall des Neutrons	[HA48] [GO48] [SC48] [SN48]
1949	Keuffel , Jack Warren (1919-1974)	Entwicklung der Funkenkammer	[KE49]

1949	Tomonaga, Sin-Itiro (1906-1979), NPP 1965 Schwinger, Julian Seymour Feynman, Richard Phillips (1918-1988), NPP 1965	Vollendung der Quantenelektrodynamik	[FE49a] [SC49] [TO48]
	Fernbach, Sidney (*1917) Taylor, Theodore Brewster (*1925) Serber, Robert (1909-1997)	Einführung des optischen Modells	[FE49]
	McKay, Kenneth Gardiner (*1917)	Erfindung des Germanium Halbleiterzählers	[MC49]
1950	Rainwater, James (1917-1986), NPP 1975 Bohr, Aage Niels (*1922), NPP 1975 Mottelson, Bengt (*1926), NPP 1975	Entwicklung eines kollektiven Kernmodells	[RA50] [BO53]
	Seaborg, Glenn Theodore Ghiorso, Albert Thompson, Stanley Gerald (1912-1976)	Entdeckung der Elemente Berkelium (Z=97) und Californium (Z=98)	[TH50] [TH50a]
	Reynolds, George Thomas (*1917) et al.	Erfindung des Flüssigkeits- Szintillations-Zählers	[RE50]
	Steinberger, Jack (*1921), NPP 1988 Panofski, Wolfgang Kurt Hermann (*1919) Steller, Jack Stanley (*1921)	Entdeckung des π^0 und seines elektromagnetischen Zerfalls	[ST50]
	Durbin, Richard Paul (*1923) Loar, Howard Hunt (*1923) Steinberger, Jack	Bestimmung des Spins des π^+	[DU51]
	Armenteros, Rafael et al.	Zerfall der V-Teilchen	[AR51]
1952	Christofilos, Nicolas C. (1916-1972) Courant, Ernest David (*1920) Livingston, Milton Stanley (*1905) Snyder, Hartland S. (1913-1962)	Postulat des Prinzips der starken Fokussierung in Ringbeschleunigern	[CH50] [CO52]



Steinberger



Emilio Gino Segrè · 1959
Geboren am 1. Februar 1905 in Tivoli



Links oben:
Owen Chamberlain · 1959
Geboren am 10. Juli 1920 in San Francisco

Links unten:
Donald Arthur Glaser · 1960
Geboren am 21. September 1926 in Cleveland (Ohio)

1952	Glaser, Donald Arthur (*1926), NPP 1960	Erfindung des Prinzips der Blasen-kammer	[GL52]
	Anderson, Herbert Lawrence (*1914) et al.	Erster Hinweis auf die -Resonanz	[AN52]
1953	Hofstadter, Robert (1915-1990), NPP 1961	Messung der Kernstruktur mit Hochenergie-Elektronenstreuung	[HO53]
	Bonetti, Alberto Mario (*1920) et al.	Erster Hinweis auf geladene -Hyperonen	[BO53a]
	Konopinski, Emil John (*1911) Mahmoud, Hormoz Massoud (*1918)	Einführung der Leptonenquantenzahl	[KO53]
	Stückelberg von Breidenbach zu Breidenstein und Melsbach, Ernst Carl Gerlach (1905-1984) Petermann, A.	Einführung der Normierungsgruppe	[ST53]
	Dalitz, Richard Henry (*1925)	Spin Null und negative Parität der K-Mesonen	[DA53]
1954	Ghiorso, Albert Thompson, Stanley Gerald Seaborg, Glenn Theodore	Entdeckung der Elemente Einsteinium (Z=99) und Fermium (Z=100)	[GH55]
	Lüders, Gerhart (1920-1995)	Beweis der CPT Invarianz in lokalen Feldtheorien	[LU54]
1955	Segré, Emilio Gino (1905-1989), NPP 1959 Chamberlain, Owen (1920-2006), NPP 1959 Wiegand, Clyde Edward (1915-1996) Ypsilantis, Thomas John (1928-2000)	Entdeckung des Antiprotons	[CH55]
	Ghiorso, Albert et al.	Entdeckung des Elements Mendelevium (Z=101)	[GH55a]
	Gell-Mann, Murray (*1929), NPP 1969 Pais, Abraham (1918-2000)	Vorhersage des langlebigen Kaons K_L	[GE55]

1955	Conversi, Marcello (*1917) Gozzoni, Adriano (*1917)	Erfindung der Funkenkammer	[CO55]
1956	Lee, Tsung-Dao (*1926), NPP 1957 Yang, Chen Ning (*1922), NPP 1957	Hypothese der Nichterhaltung der Parität in der schwachen Wechselwirkung	[LE56]
	Cork, Bruce (*1915) Lambertson, Glen Royal (*1926) Piccioni, Oreste (*1915) Wenzel, William Alfred (*1924)	Entdeckung des Antineutrons	[CO56]
	Nilsson, Sven Gösta (1927-1979)	Kollektives Kernmodell für deformierte Kerne in Einteilchen-Näherung	[NI55]
	Reines, Frederick (1918-1998), NPP 1995 Cowan, Clyde Lorrain (1919-1974)	Erster direkter Nachweis des Neutrinos	[CO56a]
	Veksler, Vladimir Iosifovic	Vorschlag einer kollektiven Teilchenbeschleunigung	[VE57]
	Lande, Kenneth (*1932) et al.	Nachweis der K_L -Mesonen	[LA56]
1957	Wu, Chien-Shiung (1912-1997)	Experimenteller Nachweis der Nicht-erhaltung der Parität im β -Zerfall	[WU57]
1958	Mößbauer, Rudolf Ludwig (*1929), NPP 1961	Entdeckung der rückstoßfreien Resonanzabsorption (Mößbauer-Effekt)	[MÖ58]
	Ghiorso, Albert Sikkeland, Torbjørn (*1923) Walton, John Richard (*1923) Seaborg, Glenn Theodore	Entdeckung des Elements Nobelium ($Z=102$)	[GH58]
	Prowse, Derek J. (*1930) Baldo-Ceolin, Massimilla	Hinweise auf das $\bar{\Lambda}$ -Hyperon	[PR58]





Pontecorvo

Бруно Понтекорво



Schwartz



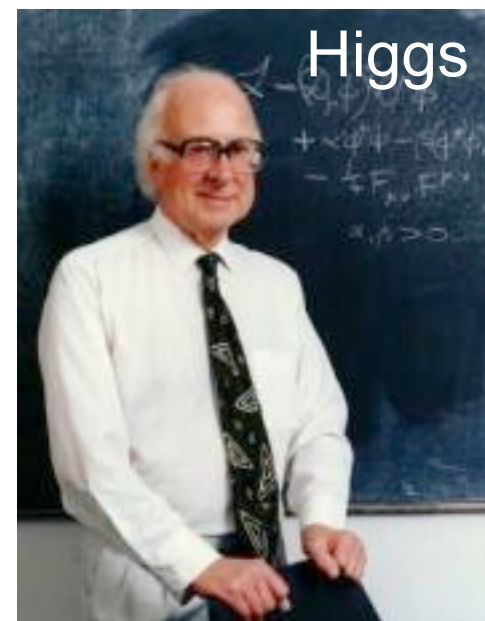
Gell-Mann

1959	Alvarez, Luis Walter et al.	Hinweis auf das Ξ^0 -Hyperon	[AL59]
	Pontecorvo, Bruno Maksimovich (1914-1993)	Unterscheidbarkeit von Elektron- und Muon-Neutrinos	[PO59]
	Regge, Tullio Eugene (*1931)	Einführung der Regge-Pole	[RE59a]
1960	Stanford, Novosibirsk	Erster Elektron-Positron-Speicherring geht in Betrieb	
	Pell, Erik Mauritz (*1923)	Herstellung funktionstüchtiger p-i-n-Halbleiterdetektoren für die β - und γ -Spektroskopie	[PE60]
	Kang-Chang, W. et al.	Hinweis auf das $\bar{\Sigma}^-$ -Hyperon	[KA60]
	Schwartz, Melvin (*1932), NPP 1988	Vorschlag, Neutrinostrahlen zur Untersuchung der schwachen Wechselwirkung einzusetzen	[SC60]
1961	Ghiorso, Albert Sikkeland, Torbjørn Larsh, Almon Elsdon (*1928) Latimer, Robert Milton (*1934)	Entdeckung des Elements Lawrencium (Z=103)	[GH61]
	Good, Robert Howard (*1931) et al.	Hinweis auf die K_L - K_S -Regeneration	[GO61]
	Stonehill, David L. (*1936) et al.	Hinweis auf die ρ -Meson Resonanz	[ST61]
	Gell-Mann, Murray (*1929), NPP 1969	„Der achtfache Weg“	[GE61]
	Alvarez, Luis Walter Maglic, Bogdan C. (*1932) et al.	Hinweis auf die ω -Meson Resonanz	[MA61]
	Pevsner, Aihud (*1925) et al.	Hinweis auf das η -Meson	[PE61]
1962	Tripp, Robert Daniel (*1927) et al.	Bestimmung der Parität des Σ -Hyperons	[TR62]
	Brown, Hugh Needham (*1928) et al.	Hinweis auf die $\Xi^- \Xi^+$ -Paar-Produktion	[BR62]

1962	Lederman, Leon Max (*1922), NPP 1988 Schwartz, Melvin Steinberger, Jack	Entdeckung des Muon-Neutrinos	[DA62]
1963	Karnaukhov, Viktor Alexandrowitsch (*1930) et al.	Entdeckung der verzögerten Protonenemission	[KA63]
	Connolly, Philipp Louis (*1930) et al.	Entdeckung des ϕ -Mesons	[CO63]
1964	Gell-Mann, Murray	Quark- Hypothese zum Aufbau der Elementarteilchen	[GE64]
	Zweig, George (*1937)	„Quarks“ als fundamentale Bausteine	[ZW64]
	Flerov, Georgij Nikolajewitsch Ghiorso, Albert et.al.	Entdeckung des Elements Z=104	[FL 64] [GH69]
	Dolgoshein, Boris Anatolewitsch (*1930) Chikovani, Georgii Ewgeniewitsch (1928-1968)	Erfindung der Streamer-Kammer	[DO64] [CH64a]
	Higgs, Peter Ware (*1929)	„Higgs“-Teilchen	[HI64]
	Barnes, Virgil Everett (*1935) et al.	Hinweise auf das Ω^- -Hyperon	[BA64]
	Christenson, James H. (*1937) Cronin, James Watson (*1921), NPP 1980 Fitsch, Val Logson (*1923), NPP 1980 Turlay, René (*1932)	Beobachtung der CP-Verletzung	[CH64]
1965	Lederman, Leon Max Ting, Samuel Cjao Chung (*1936) et al.	Beobachtung von Antideuteronen	[DO65]
1966	Budker, Gersh Itzkowitsch (1918-1977)	Vorschlag, Teilchenstrahlen in Beschleunigern durch Elektronenstrahlen zu „kühlen“	[BU67]



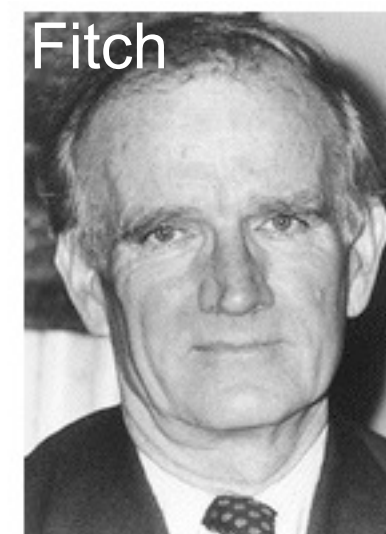
Lederman



Higgs



Cronin



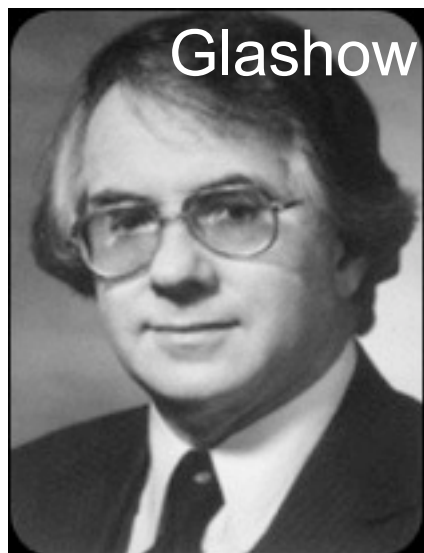
Fitch



Salam

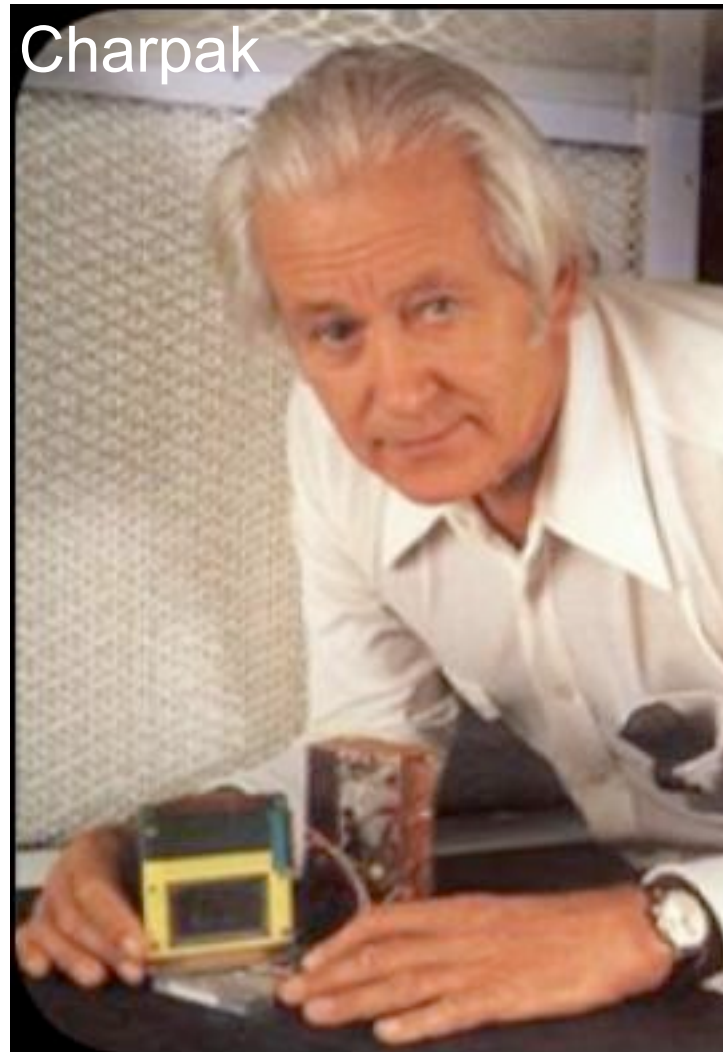


Weinberg



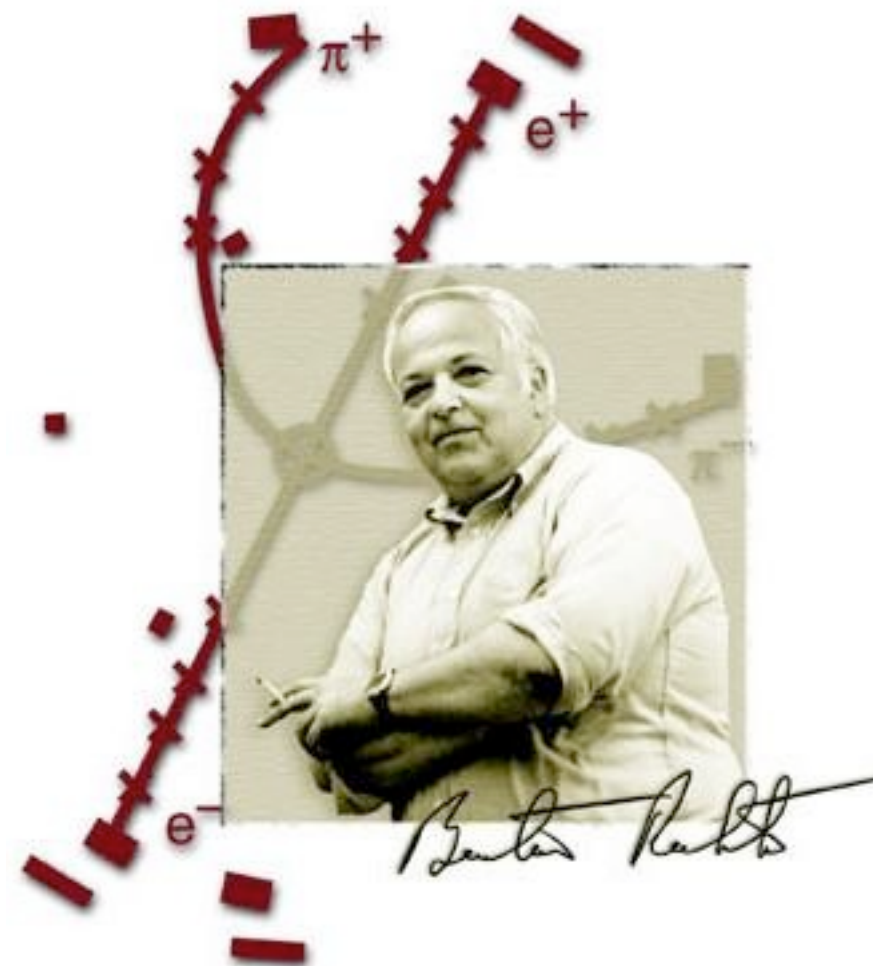
Glashow

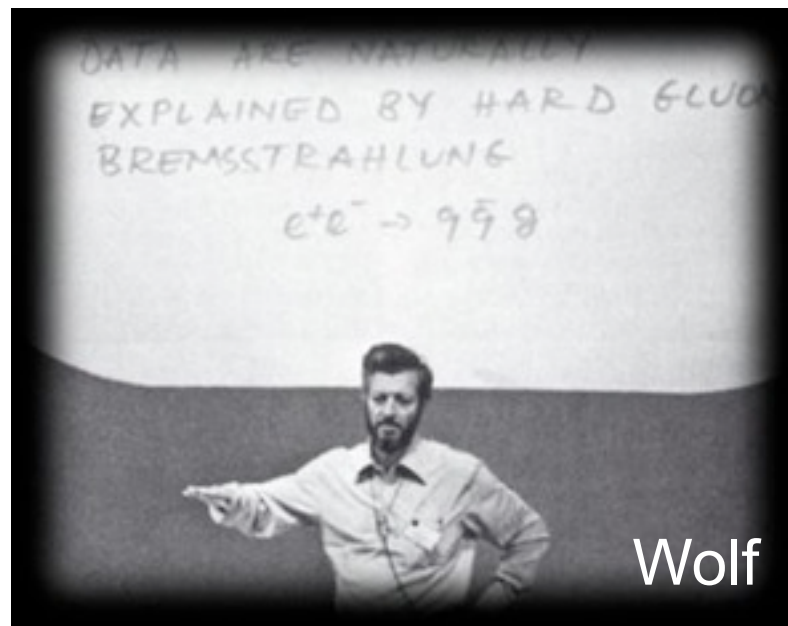
Charpak



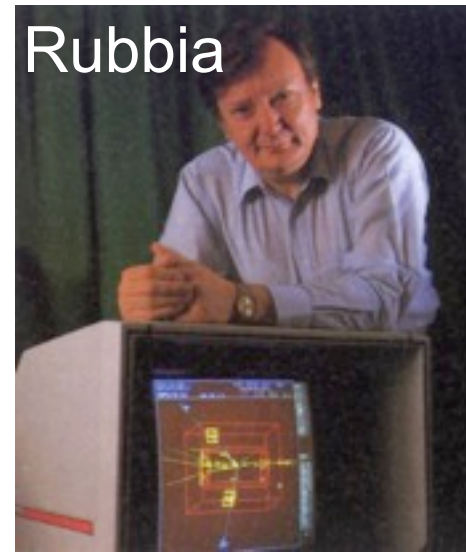
1967	Salam, Abdus (1926-1996), NPP 1979 Weinberg, Steven (*1933), NPP 1979 Glashow, Sheldon Lee (*1932), NPP 1979	Formulierung der vereinigten elektroschwachen Eichfeld-Theorie	[GL61] [SA68] [WE67]
1968	Panofsky, Wolfgang Kurt Hermann (*1919) et al.	Entdeckung der Nukleonenstruktur in tiefinelastischen Elektron-Proton-Streuexperimenten	[CO68]
	van der Meer, Simon (*1925), NPP 1984	Vorschlag des Prinzips der stochastischen Kühlung von Teilchenstrahlen	[ME72]
	Charpak, Georges (*1924), NPP 1992	Entwicklung der Proportional-Koordinatenkammer	[CH68]
	Flerov, Georgij Nikolajewitsch Ghiorso, Albert et.al.	Entdeckung des Elements Z=105	[FL68] [GH70]
1969	Nilsson, Sven Gösta Greiner, Walter (*1935) et al.	Vorhersage der Stabilitätsgrenzen superschwerer Elemente	[NI69] [MO69]
	Kapchinskij, Ilja Michailowitsch (1919-1994) et al.	Erfindung des Radio-Frequenz-Quadrupol-Beschleunigers (RFQ)	[KA70]
	Bjorken, James Daniel (*1934)	Entdeckung des Bjorken-Skalierungsverhaltens	[BJ69]
	Friedman, Jerome Isaac (*1930), NPP 1990 Kendall, Henry Way (1926-1999), NPP 1990 Taylor, Richard Edward (*1929), NPP 1990	Experimenteller Beweis des Bjorken-Skalierungs-Verhaltens in hochenergetischen, inelastischen e-p-Streuereignissen, erster Hinweis auf die Quarkstruktur der Nukleonen	[BL69]
1970	Cerny, Joseph (*1936) et al.	Entdeckung der Protonen-Radioaktivität	[CE70]
1971	Prokoshkin, Yuri Dmitrijewitsch (1929-1997) et al.	Entdeckung des Antiheliums	[AN70]
	Firestone, Alexander et al.	Beobachtung des $\bar{\Omega}^+$ -Hyperons	[FI71]

1973	Lagarrigue, André Haidt, Dieter Faissner, Helmut (*1928) et al.	Erster experimenteller Nachweis des neutralen Stroms	[HA73]
1974	Vischniewsky, Mechislav E. (1925-1994) et al.	Synthese des Antitritiums in Serpuchow	[VI74]
	Ghiorso, Albert Oganessian, Yuri Tsolakowitsch (*1933) et al.	Entdeckung des Elements Seaborgium (Z=106)	[GH74]
	Ting, Samuel Chao Chung (*1936), NPP 1976 Becker, Ulrich F. (*1936) Richter, Burton (*1931), NPP 1976 Augustin, Jean Endes (*1940) et al.	Entdeckung des $J/\psi(1S)$ Teilchens	[AU76] [AU76a]
1975	Perl, Martin Lewis (*1927), NPP 1995 et al.	Experimenteller Nachweis des τ -Leptons	[PE75]
1976	Oganessian, Yuri Tsolakowitsch Münzenberg, Gottfried (*1940) et al.	Entdeckung des Elements Nielsbohrium (Z=107)	[OG76] [MÜ81]
	Goldhaber, Gerson (*1924) et al.	Beobachtung des D^0 -Mesons	[GO76]
	Peruzzi, Ida (*1939) et al.	Beobachtung der Erzeugung von D^+ - und D^- -Mesonen	[PE76]
	Knapp, B. et al.	Beobachtung des Antibaryons $\bar{\Lambda}_c^-$	[KN76]
	Budker, Gersh Itzkowitsch et al.	Erste experimentelle Strahl- „Kühlung“ mit Elektronen	[BU76]
1977	Lederman, Leon Max Herb, Stephen W. et al.	Erster experimenteller Hinweis auf das $\Upsilon(1S)$ -Meson	[HE77]
1978	Faissner, Helmut et al.	Erste Beobachtung der elastischen Streuung von Muon-Neutrinos an Elektronen	[FA78]





Wolf



Rubbia

1987 Neutrinos von der SN1987a

1979	Söding, Paul (*1933) Wolf, Günter Eugen (*1937) Wiik, Björn Håvard (1937-1999) et al.	Erste Beobachtung von Gluon-Jets in e^+e^- -Stößen	[BA79]
1980	Söding, Paul Brandelik, R. et al.	Erste Bestimmung des Gluonen-Spins	[BR80]
1981	Berkelmann, Karl (*1933) Bebek, Christopher et al.	Erster Hinweis auf das B-Meson	[BE81]
	Basile, M. et.al.	Erster Hinweis auf das Bottom-Baryon Λ_b	[BA81]
1983	Rubbia, Carlo (*1934), NPP 1984 et al.	Entdeckung der Feldquanten $W^\pm, Z^0$ der schwachen Wechselwirkung	[AR83]
	Aubert, Jean Jacques et al.	EMC-Effekt	[AU83]
1984	Münzenberg, Gottfried Armbruster, Peter (*1931) et al.	Entdeckung des Elements Meitnerium (Z=109)	[MÜ84]
	Green, Michael B. Schwarz, John H.	Erste Begründung der String-Theorie	[GR84]
1985	Münzenberg, Gottfried Armbruster, Peter et al.	Entdeckung des Elements Z=107	[MÜ85]
1986	Münzenberg, Gottfried Armbruster, Peter et al.	Entdeckung des Elements Z=108	[MÜ86]
1988	Ashman, J.G. et al.	Komplexe Spin-Struktur des Protons	[AS88]
1989	Abrams, Gerald Stanley (*1941)	Hinweis auf nur drei Neutrino-Arten	[AB89]
1994	Hofmann, Sigurd (*1944) Armbruster, Peter	Entdeckung der Elemente Z=110 und Z=111	[HO95]
	Schneider, Robert (*1963) Friese, Jürgen (*1951) et al.	Synthetisierung des doppelt- magischen Kerns ^{100}Sn	[SC95]

1994	Abe, F. et al.	Entdeckung des Top-Quarks in $\bar{p}$ -p-Stößen	[AB94]
1995	Engelmann, Christian et al.	Synthetisierung des doppelt- magischen Kerns ^{78}Ni	[EN95]
1996	Hofmann, Sigurd et al.	Entdeckung des Elements Z=112	[HO96]
1999	Oganesian, Yuri Tsolakowitsch Ninov, Viktor et al.	Erste Hinweise auf die Elemente Z=114, 116, 118	
2000	Lundberg, Byron DONUT-Kollaboration	Nachweis des Tau-Neutrinos am Fermilab	

Für die Suche nach historischen Daten und Fakten wurden unter anderem die folgenden Publikationen verwendet:

[1]

V.V. Ezhela et al.
Particle Physics - One hundred years of discoveries, AIP Press (1996)

[2]

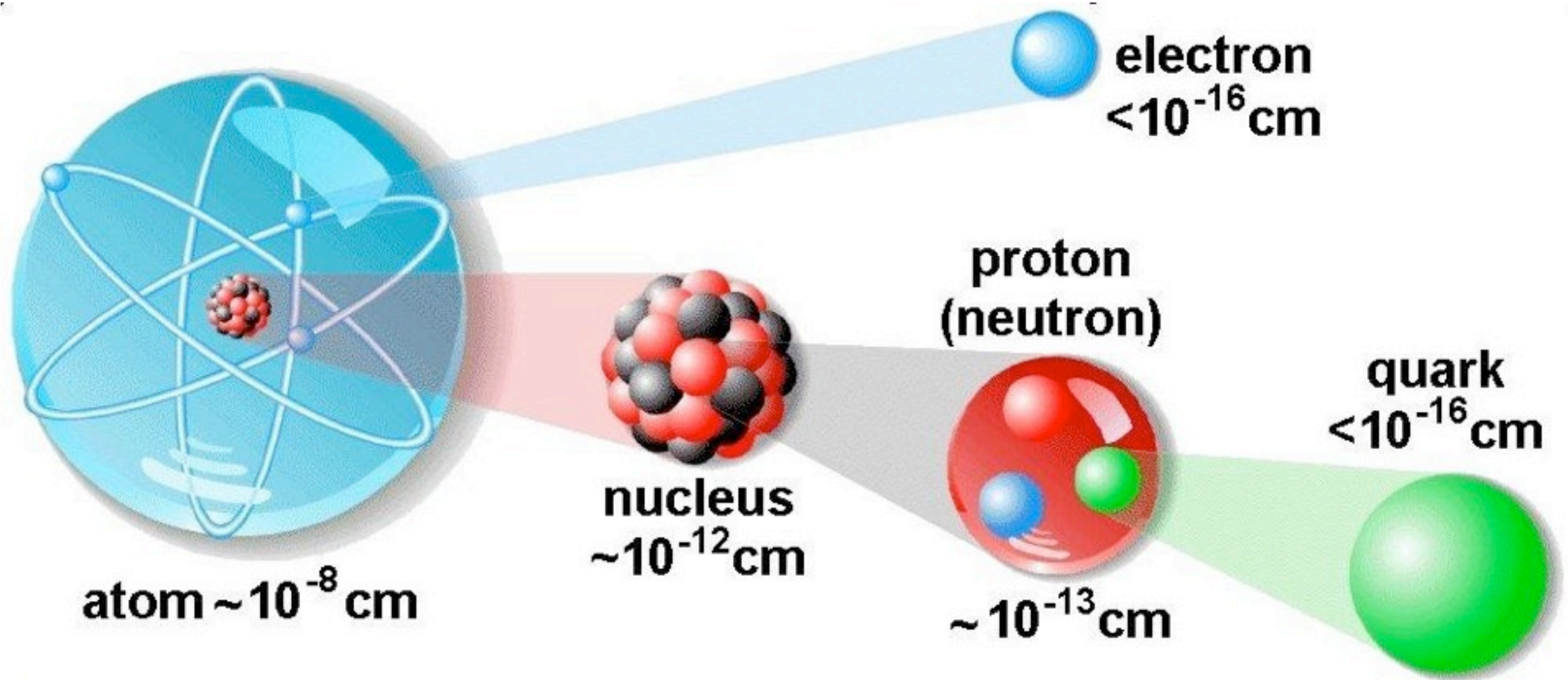
A. Pais
Inward Bound, Clarendon Press Oxford (1986)

[3]

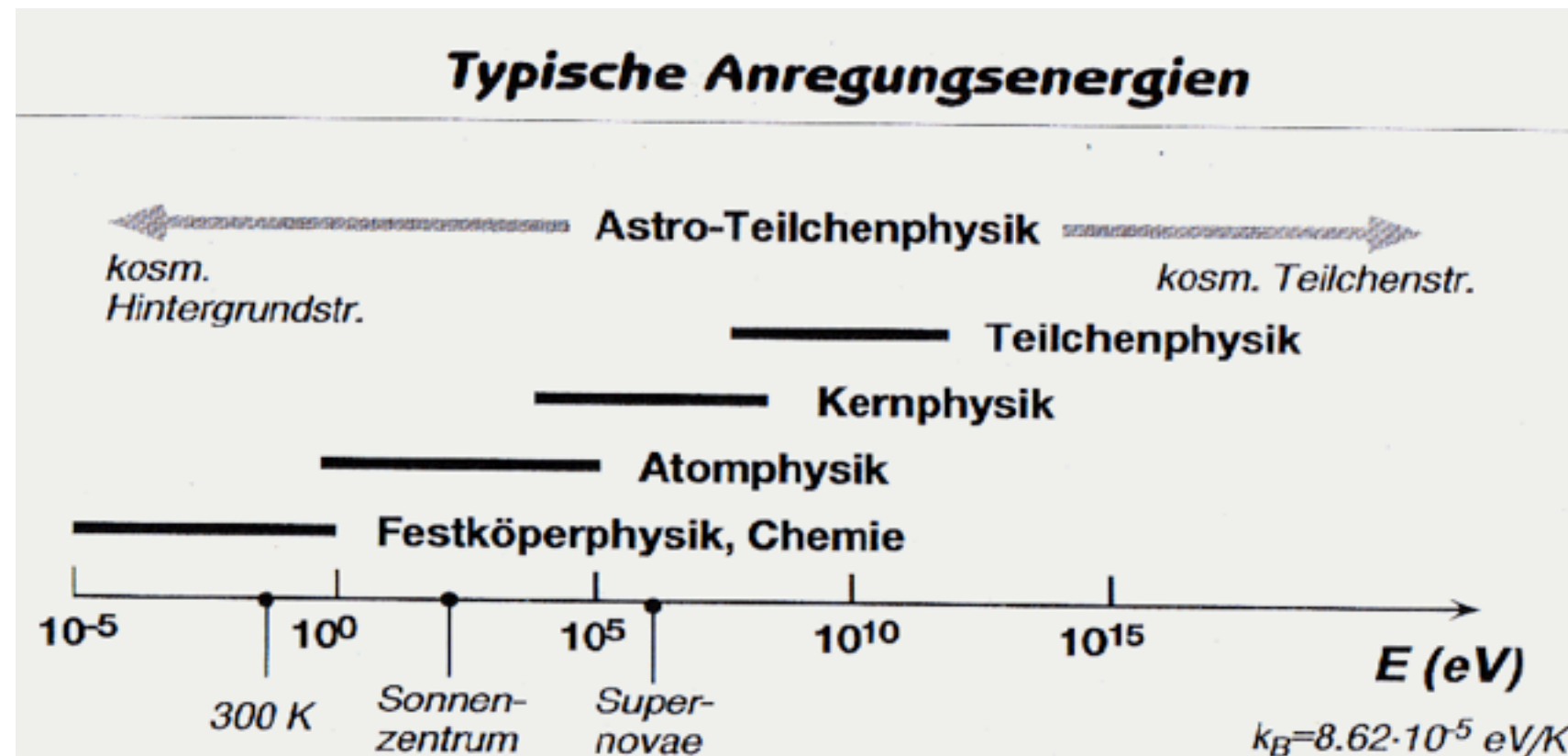
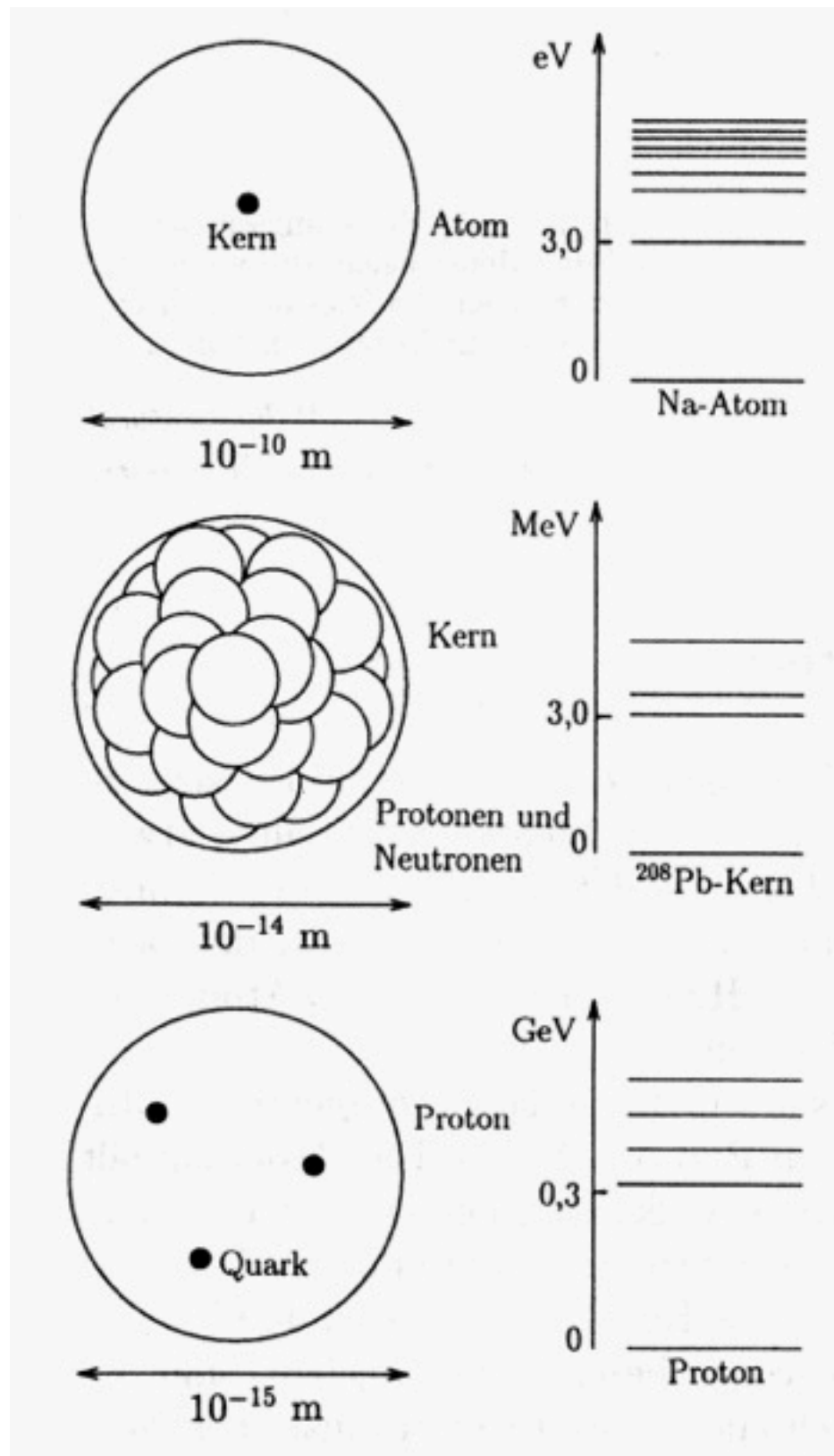
J. Six, X. Artru
An Essay of Chronology of Particle Physics until 1965,
J. de Phys. Coll. **C18**, Vol. 43 (1982)

1998	Neutrino-Oszillationen SuperK
2001	SNO löst das solare Neutrino-Problem
2004	Pierre Auger-Observatorium geht in Betrieb
2009	LHC geht mit 3.5 + 3.5 TeV in Betrieb

Tour de Force

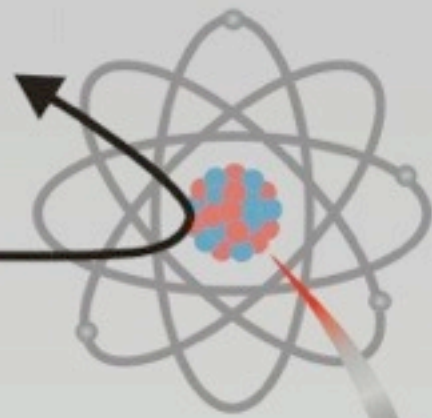


Größenordnungen und Energien



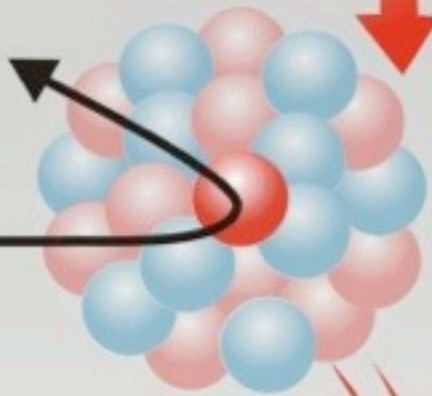
Rutherford, 1908
Entdeckung des Atomkerns

α -Teilchen



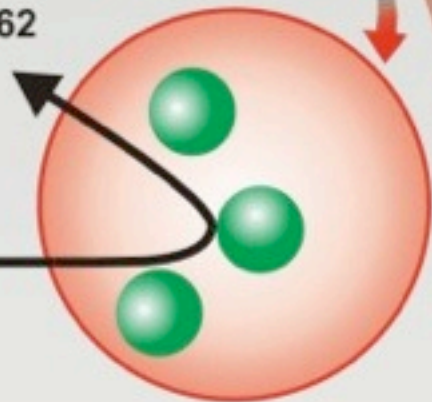
Hofstadter, 1956
Ausdehnung des Protons

Elektronen



Friedman, Kendall, Taylor, 1962
Entdeckung der Quarks

Elektronen



Zahlreiche Experimente, seit 1975
HERA, seit 1992
Aufbau des Protons

Elektronen / Myonen / Neutrinos

