

# Fragenkatalog Steinhauser - 2017

Benedikt Stolz, Malwin Weiler

erstellt im November 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Vorbereitungsmaterial</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Themengebiete mit sortieren Fragen</b>	<b>2</b>
3.1	Allgemeines . . . . .	2
3.2	Schrödinger-Gleichung . . . . .	3
3.3	Postulate der QM . . . . .	3
3.4	Harmonischer Oszillator . . . . .	3
3.5	Potenzialtopf . . . . .	4
3.6	Potenzialbarriere . . . . .	4
3.7	Wasserstoffatom . . . . .	4
3.8	Feinstruktur und Zeeman-Effekt . . . . .	5
3.9	Dirac/Relativistik . . . . .	6
3.10	Störungstheorie . . . . .	7
3.11	Streutheorie . . . . .	7
3.12	Stark-Effekt . . . . .	7
3.13	Bose-Einstein-Verteilung . . . . .	8
3.14	Plancksches Strahlungsgesetz . . . . .	8
3.15	Verschiedenes . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Allgemeine Tipps</b>	<b>9</b>

## 1 Vorwort

Die nachfolgenden Fragen sind aus den Protokollen der mündlichen modulübergreifenden Theo Prüfung zusammengefasst und gekürzt vom Zeitraum April 15 bis November 16. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit und Korrektheit erhoben.

## 2 Vorbereitungsmaterial

- cohen-tannoudji QM I+II (12) evtl zu detailliert
- Theo E Steinhauser (15)
- Theo D Schmalian (3)
- Theo D Nierste (3)
- Theo D Kuehn (1)
- Theo F Mirlin (1)
- Theo F Woelfle (1)
- Theo F Schön (9)
- griffiths (14) Streuung
- Merzbacher (2)
- Fliessbach QM (2)
- Fliessbach Stastistische Physik (12)
- schwabl fuer relativistik (1)
- Nolting (1)
- Münster (8) Oft zum Überblick
- Messiah QM I+II (3)
- Sukarai I+II (5)
- Schwabel I+II (12)
- Schwabel Statistik (1)
- Wachter Hoeber (2)

## 3 Themengebiete mit sortieren Fragen

### 3.1 Allgemeines

- **Hermitezitaet**  
hermitesch = selbstadjungiert  $\rightarrow A = A^\dagger$   
Alle Erwartungswerte sind reell. und auch alle EW  $\rightarrow$  Alle Observablen sind hermitesche Operatoren
- Motivation für hermiteschen Operatoren in QM
- Zeigen sie die Hermitizität des Impulsoperators im Ortsraum

- Hermitescher Operatoren: Was, wenn nicht gegeben? Konkret für Kontinuitätsgleichung?
- Kontinuitätsgleichung
- Gaussches Wellenpaket im Potenzialtopf (+ allgemein)
- zeitliche Entwicklung eines Zustandes?
- Zustandssumme
- Ehrenfest: Herleitung koennen

### 3.2 Schrödinger-Gleichung

- Schrödinger-Gleichung
- Zeitentwicklung, Separationsansatz
- zeitabhaengige, zeitunabghaengige/stationäre herleiten
- Hamiltonoperator der jeweiligen?
- von was kann  $V$  abhaengen? kann  $V$  komplex sein?  
(meist zeitunabhaengig, wenn nicht  $\rightarrow$  Störungstheorie, kann nicht komplex sein, **warum?**)
- was beschreibt  $k_0$ ? (geschwindigkeit des wellenpaketes)
- Schroedinger in E Feld, Eichinvarianz

### 3.3 Postulate der QM

Postulate hinschreiben. sind insgesamt 6 stück, Cohen sehr ausführlich, im Schwabel eine Seite

### 3.4 Harmonischer Oszillator

- Hamiltonoperator
- Eigenwerte und Eigenfunktionen (auswendig koennen)
- Nullpunktsenergie
- Anzahl  $N$
- thermodynamisch interessante Groessen?
- kleine Stoerung, was passiert?
- Potential aufschreiben
- was passiert nach Zeit  $t$ ? Wechselwirkungsbild, Stoerungstheorie angewendet
- einfach elektrisch geladenes Teilchen und E-Feld anschalten. Was passiert mit Hamilton, den Eigenfunktionen und Energien?  
(zusatz  $-eEx$ , kann man exakt loesen wenn man quadratisch ergaenzt, effektiv nur eine verschiebung weil hamilton mit translationsoperator kommutiert)
- Term mit  $x^4$  bei harmonischer oszillator

### 3.5 Potenzialtopf

- Potentialtopf mit kleiner Barriere in Mitte
- Unendlich tiefer Potenzialtopf
  - Grundzustand des ersten angeregten einzeichnen
  - konkreter Ansatz für Wellenfunktion
  - Eigenfunktionen und Eigenwerte explizit herleiten (Randbed.)
  - explizite Lösung vorrechnen → Ansatz, Randbed,....
  - Gaussches-Wellenpaket im Topf
  - Stetigkeitsbedingung
  - Zeitentwicklung? allgemein, graphisch darstellen (Ansatz: Schroedringerbild mit Zeitentwicklungoperator → nach Eigenfkt des Topfes entwickeln)
- Endlich tiefer Potenzialtopf
  - Grundzustand und ersten angeregten Zustand einzeichnen
  - wie sieht Wellenfunktion aus?
  - Wellenfunktion der ersten und zweiten Lösung
  - was wenn kleine Änderung in der Mitte des Topfes vorgenommen wird, also ein kleiner Potentialberg eingebaut wird? siehe Griffiths Aufgabe 6.1
  - Was passiert für einlaufende Welle von links?
  - Jetzt haben Sie da ja 5 Konstanten. Wie kann man die bestimmen?
  - Abklingen am Rand erwähnen (kein Teilchenstrom,  $R^2 = 1$ )
  - gebundene Zustände
  - Streuzustände
- Muldenpotenzial

### 3.6 Potenzialbarriere

- Ansatz, Analogie zur klassischen Mechanik
- Stufe mit Potentialwall, wie würde man Problem lösen?
- wie würde sich klassisches Teilchen verhalten?
- Potentialtopf mit kleiner Barriere in Mitte

### 3.7 Wasserstoffatom

- Hamilton (Aussehen, Störterme)
  - mit Eigenwerten des Drehimpulsoperators
  - Energien negativ/positiv
- Herleitung Wasserstoffatom
  - Separationsansatz, begründen!
  - Laplace Operator in Kugelkoordinaten
- Energien, Eigenwerte, Eigenfunktionen auswendig können
- Entartung der Energie

- Drehimpulsoperator Ansatz
- $L^2$  in Kugelkoordinaten, weshalb kann Laplace dadurch ausgedrückt werden?
- Eigenwertgleichung für  $L_z$  und Lösung
- Herleitung und Aussehen der Korrekturterme (Hamiltonoperator)
  - Feinstruktur
  - Zeeman Effekt
  - Darwin Term
  - Stark Effekt
  - Hyperfeinstruktur
- Ersetze Proton durch Positron, was ändert sich?
- Lösung, wenn Eigenwertgleichung in Ansatz einsetzt?
- Skizzieren des Realanteils der Kugelflächenfunktionen
- Zweikörperproblem auf effektives Einkörperproblem zurückführen
- im B-Feld, minimale Kopplung in  $\vec{L}\vec{B}$  umgerechnet
- B-Feld in z-Richtung,  $n=1$ ,  $n=2$  diskutiert
- streuloesung

### 3.8 Feinstruktur und Zeeman-Effekt

- Feinstruktur
  - Abhängig von welcher Quantenzahl?
  - Wie sieht Entwicklung aus?
  - Aufspaltung/Termschema des zweiten Energieniveaus
  - Drei korrekturen
  - explizite herleitung relativistischer Korrektur
  - erwartungswert darwin term
  - woher drei korrekturterme? aus nichtrelativistischem grenzfall der dirac gleichung
- Zeemann-Effekt
  - nur normaler Zeeman-Effekt
  - Woher kommt Störungsterm  $-j$ , minimale Kopplung aus Eichinvarianz er SG, Eichfreiheit der Felder angeben.
  - Coloumb-Eichung  $A = 1/2(rxB)$
  - Energien bei angelegtem B Feld

### 3.9 Dirac/Relativistik

- Gamma Matrizen
  - Spuren über Gamma Matrizen
  - transformieren Gamma wie Spinoren?
  - Warum Dimension  $N=4$ ?
  - Herleitung
  - Eigenschaften
- Viererformalismus, Lorentztransformation
  - Was ist ein 4er-Vektor?
  - warum sind  $\alpha$  und  $\beta$  4x4 Matrizen?
  - wie transformieren Vierervektoren unter Lorentztransformation?
  - Wie transformiert die kovariante Ableitung unter Lorentztransformation?
  - Was sind kovariante Ableitungen (die  $D_s$ )?
  - Zeige das  $\bar{\Psi}\Psi$  sich wie Skalar verhält
  - Wie transformiert  $\Psi$  unter Lorentztransformation?
  - Dimensionalität
  - Was ist  $\Lambda_{\mu}^{\nu}$  genau?
- Klein Gordon und Dirac
  - Motivation
  - Klein-Gordon-Gleichung. Wie kommt man drauf?
  - Probleme der Klein-Gordon-Gleichung. Motivation der Dirac-Gleichung
  - Herleiten der Pauli-Gleichungen
  - wie leitet man Lösung für Dirac-Gleichung für  $p=0$  her?
  - und wie mit Impuls?
  - Wie kann man Lorentzkovarianz der Gleichung explizit zeigen?
  - Gleichung fuer ruhendes Elektron
  - Lösen für ruhendes Teilchen
- Spinore
  - Wofür stehen die 4 Komponenten in einem Spinor?
  - Wie transformiert Spinor? Gleichung fuer adjungierten Spinor herleiten
  - Ansatz für Spinortransformation
- nicht relativistischer Grenzfall  $\rightarrow$  Übergang in Pauli-Matrizen
- Wie kommt man auf Bestimmungsgleichung?
- WW mit E Feld
- hinschreiben
- Bestimmungsgleichung für S herleiten?
- minimale Kopplung im e.m. Feld
- Herleitung Eigenfkt fuer ruhendes Spinteilchen

### 3.10 Störungstheorie

- Generelles Erklären (Wechselwirkungsbild, usw.)
- Zeitentwicklung zeigen
- Dyson-Reihe
- Fermis Goldene Regel herleiten

### 3.11 Streutheorie

- Was passiert wenn ebene Welle auf räumlich begrenztes Potenzial trifft?
- einlaufende Welle mit kleiner Energie auf lokalisiertes Potenzial
- was erwartet man Allgemein für Lösungen?
- Wann Bornsche Näherung? Wann Partialwellenzerlegung? Warum?
- Partialwellenansatz und Herleitung
- Streuamplitude der Partialwellenmethode
- Bornsche Näherung? auch Herleitung
- Residuensatz bei bornscher naeherung?
- wie kommt man auf asymptotische Form und Ansatz
- ebene Welle, asymptotische Loesung mit Herleitung
- helmholtzoperator
- greensche funktion, greensche herleiten
- Lippman Schwinger Gleichung
- Wie hängt die Streuamplitude mit dem differentiellen Wirkungsquerschnitt zusammen?

### 3.12 Stark-Effekt

Griffiths Aufgabe 6.36

- Allgemein
- $n=1$  nur gesagt, dass lineare Term verschwindet,  $n=2$  wollte er nicht mehr sehen
- $n=2$  Diagonalisierung der Störmatrix, da entartete Störungstheorie
- $i210 \times 200i$  Term wollte er ausgerechnet haben, zumindest sollte man zeigen, dass er nicht verschwindet

### 3.13 Bose-Einstein-Verteilung

- Verteilung
  - Was ist das?
  - Verteilungsfunktionen (auch für kleine Temp)?
  - Zeichne Verteilung, alle Temperaturen (niedrig + hoch)
  - Wo liegt Grundzustand? Verhalten bei  $T \downarrow 0$ ?
  - Bose-Einstein-Verteilung für endliche Temperaturen
  - Wie verändert sich die Verteilung, wenn die Temperatur leicht verringert wird?
  - Wieso ist  $\mu < 0$ ?
  - $n(E)$ ?
  - erklären was  $n$  ist, zeichnen
- Bose-Einstein-Kondensat
  - Was ist das? Erklären!
  - Teilchenanzahl im Grundzustand
  - Wie ist kritische Temperatur definiert?
  - besetzungszahl + qualitativer verlauf
  - $\mu$  kleiner gleich 0
  - besetzungszahl beliebig gross wodurch teilchenzahl divergiert
  - wie berechnet man integral fuer teilchenzahl?
  - verhalten um  $T = T_c$  erläutern, Verhältnis  $n_0/N$  berechnen
  - was passiert? was passiert mit  $\mu$ ?
  - Formel fuer besetzung grundzustand

### 3.14 Plancksches Strahlungsgesetz

- herleiten, planck Kurve malen
- Plancksche Strahlungsverteilung
- Plancksches Strahlungsgesetz mittels Zustandsdichte hergeleitet

### 3.15 Verschiedenes

- Sudden Approximation: Übergangs-WS von Sudden Approximation
- Thermodynamik: verschiedene Energien? Legendre Transformationen,
- Thermodynamische Potenziale:
- Tritium, Beta-Zerfall: Was passiert? Hamilton von Tritium, nach beta zerfall?
- Landau Niveaus allgemein
- Landau Niveaus herleiten
- Impuls Operator im Orstarum herleiten
- Zeigen, dass der Eigenwert des Impulsoperators im Ortsraum reel ist
- Parseval-Gleichung



- Grenzfälle für niedrige und hochenergetische Strahlung (Statistische Physik)
- Clebsch-Gordan: Am Bsp. von 2 Spin  $1/2$  Teilchen + Allg. Form
- Clifford Algebra
- Wie sieht Fermi-Dirac Verteilung aus?
- Gauss-Funktion: Hermite polynome
- Helmholtzgleichung
- Hyperfeinstruktur: führende Ordnung berechnen
- Was ist minimale Substitution und warum wird sie angewendet?

#### **4 Allgemeine Tipps**

- Gibt immer wieder Hilfestellungen
- versucht Frage anders zu stellen, wenn nicht sofort richtig geantwortet wurde
- geht zum Teil sehr in die Tiefe
- viele themen kommen immer in fast allen pruefungen vorkommen die man koennen muss!
- eklatante Unterschiede zwischen den Vorlesungen!
- Rechnungen und Herleitungen oft wiederholen und versuchen Zusammenhaenge zu verstehen