

Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Mirlin

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 29. September 2022	Fachsemester: 6
--	---------------------------	-----------------

Welche Vorlesungen wurden geprüft? TheoD+TheoE+TheoF
--

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo Fa+Fb
--

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
--

Verwendete Literatur/Skripte: Skripte von Schmalian, Melnikov, Mirlin Wikipedia
--

Dauer der Vorbereitung: ca. 5 Wochen, 8 Stunden pro Tag geplant, waren aber eher 4-5
--

Art der Vorbereitung: Habe mich parallel auf Theo und Ex vorbereitet, zunächst Zusammenfassung geschrieben und dann explizit die Herleitungen gelernt, welche er in der vorherigen Protokollen gezeigt haben wollte

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Eine Zusammenfassung zu schreiben ist eigentlich nicht nötig, die Skripte aufmerksam zu lesen und versuchen die Herleitungen selbst durchzuführen reicht meiner Meinung nach. Schon früh anfangen die Herleitungen auswendig zu lernen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Prüfung hat 10 min später begonnen, da die Prüfung vorher länger gedauert hat. Rechnungen an der Tafel durchgeführt. Er hat Themen genannt und man sollte dann was dazu erzählen und anschreiben. Danach ein paar themenspezifische Fragen. Er hält sich sehr genau an die 20 min pro Vorlesung.

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hat einen kurz überlegen lassen und dann kleine Tipps gegeben.

Kommentar zur Prüfung: Ging schnell um.

Kommentar zur Benotung: Es gab zwar ein paar Kleinigkeiten bei denen ich etwas gebraucht habe, konnte aber alles beantworten, daher 1,0.
--

Die Schwierigkeit der Prüfung: Details bei Zwischenfragen wissen.

Die Fragen

Themen:

- Harmonischer Oszillator
- paar allgemeine Fragen zur Messung in der QM
- Drehimpulsoperator
- Dirac-Gleichung
- Nichtrelativistische Näherung zur Pauligleichung
- ideales Bose-Gas
- Bose-Einstein-Verteilung
- Bose-Einstein-Kondensat

Harmonischer Oszillator (HO) schreiben sie mal auf.

- Zeitunabhängige Schrödingergleichung
- Hamiltonoperator für HO in Standardform und mit Auf- und Absteigeoperatoren
- Definition der Auf- und Absteigeoperatoren
- Hamiltonoperator besteht aus quadraten hermitescher Operatoren, damit ist der Hamiltonian semidefinit, also sind seine Eigenwerte ≥ 0
- aus der Operatorkombination mit Kommutatorrelationen $\hat{H}a^+|\psi\rangle = a^+(H+\hbar\omega)|\psi\rangle$ (analog für Absteigeoperator mit $-\hbar\omega$) folgt, dass die Eigenwerte äquidistant mit $\hbar\omega$ sind
- Eigenzustände können also mit ganzer Zahl durchnummeriert werden, startend von Grundzustand mit der null
- Wellenfunktion in Ortsdarstellung über $\langle x|0\rangle=0$ bestimmbar
- weitere Zustände über $|n\rangle = (a^+)^n/\sqrt{n!}|0\rangle$ erzeugbar
- Wellenfunktion in Ortsdarstellung aufgeschrieben

Wenn ein Experimentator jetzt den Ort misst, was erhält er?

- Zufällige Werte mit $|\psi|^2$ Verteilung, als Mittelwert $\langle x\rangle=0$, da $V(x)=V(-x)$
- Was für einen Wert erhält man, wenn man instantan den Ort nochmal misst?
- den selben Wert, da kein Zeit für eine Zeitenwicklung des Zustands vorlag

Wenn man jetzt stattdessen den Impuls messen würde?

- maximale Unbestimmtheit wegen der Heisenberg'schen Unschärferelation

Dann gibt es den Drehimpulsoperator, wie funktioniert dieser?

- basiert auf $L=r \times p$, womit die Kommutatorrelationen $[L_\alpha, L_\beta] = i \hbar \epsilon_{\alpha\beta\gamma} L_\gamma$ gezeigt werden kann
- da $[L^2, L_\alpha]=0$, lassen sich L^2 und L_z simultan diagonalisieren
- Lösung gegeben durch Kugelflächenfunktionen mit den üblichen Eigenwerten
- Leiteroperatoren definiert
- Energieniveaus auch wieder äquidistant wegen der Leiteroperatoren
- aus den Vorfaktoren der Leiteroperatoren sieht man das $-l \leq m \leq l$ laufen muss
- für l sind ganz- und halbzahlige Werte möglich, da sich mit anderen Sprüngen Widersprüche für die Bedingung ergeben.

Welche Drehimpulse haben eine halbzahlige Quantenzahl zu denen es auch eine beschreibende Gleichung gibt?

- Teilchen mit halbzahligem Spin wie etwa Elektronen
- werden durch Diracgleichung beschrieben

Dann bitte einmal die Diracgleichung herleiten.

- gestartet mit zeitabhängiger Schrödingergleichung
- Probleme dieser aufgezählt und hergeleitet
- kommt ihm vorallem auf die Bedingungen an die Matrizen an

Welche Gleichung erhalten wir wenn wir die Diracgleichung nichtrelativistisch nähern und Näherung durchführen

- Pauligleichung
- Näherung durchgeführt, bei der Hälfte hat er abgekürzt und gemeint das ich das hinbekomme und einfach das Ergebnis hinschreiben soll

Dann kommen wir jetzt zur statistischen Physik. Erzählen Sie mal was zum idealen Bose-Gas

- gestartet mit der großkanonischen Zustandssumme in Besetzungszahldarstellung um damit das Großkanonische Potential herzuleiten mit dem Bose-Einstein-Term (Probleme wenn $z=1$ und $p=0 \rightarrow$ Term aus Summe ziehen)

Bitte einmal die Bose-Funktion herleiten.

- $\langle n_\lambda \rangle = \sum_{n_\lambda=0}^{\infty} W_{\{n_\lambda\}} n_\lambda$ genutzt und Boseverteilung hergeleitet

In 3D funktioniert das wunderbar, wie ist das denn in 1D und 2D?

- Probleme da für $\langle N \rangle = -\frac{\partial \Omega}{\partial \mu}$ der zweite Term mit dem Integral für $E>0$ bei kleinen Energien divergiert

Zeigen Sie bitte das dieser divergiert.

- Term lässt sich schreiben als $\int_0^\infty dE \nu(E) n_B(E)$, $\nu(E)$ Zustandsdichte $n_B(E)$ Bose-Funktion
- in 2D ist $\nu(E)$ konstant und in 1D $\nu(E) \sim \sqrt{E}$
- Bose-Funktion für niedrige Energien getaylort bis zum linearen Term
- $\nu(E) n_B(E)$ geht für 1D dann wie $1/\sqrt{E}^3$, womit das Integral divergiert
- in 3D hat man hingegen nur $1/\sqrt{E}$, was konvergent ist