Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Shnirman

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA
--

Datum: 01. September 2016

Fachsemester: 6

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D,E,F

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo F
--

Zur Vorbereitung

Abprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
--

Abprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: Theo D: Skript Schmalian
--

Theo E: Skrip Steinhauser, Cohen-Tannoudji
--

Theo F: Skript Schön, Fließbach

Dauer der Vorbereitung: 6 Wochen; 6 Tage/Woche; 5h/Tag
--

Art der Vorbereitung: Skripte durchgehen je 1 Woche pro Vorlesung dann Protokolle durchgehen
--

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Fragen in den Protokollen sehr hilfreich -> sollten möglichst gut sitzen
--

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Prof. lässt sich Formel hinschreiben und fragt dann dazu oder gibt physikalisches Problem vor und möchte mit begleitender Rechnung erklärt bekommen was dabei passiert

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? gibt Hinweise wordurch man zur Lösung hingeleitet wird

Kommentar zur Prüfung: sehr angenehme Atmosphäre
--

Kommentar zur Benotung: 1,0; kann mich nicht beklagen

Die Schwierigkeit der Prüfung: Ansätze für Herleitungen nicht genau gewusst -> da habe ich mehrfach Tipps gebraucht

Die Fragen

Prüfer

- Prüfling

 Theo D

#Schreiben Sie bitte die zeitabhängige Schrödingergleichung auf.

- hingeschrieben

Was ist Psi?

- Die Wellenfunktion

Woraus ist die?

- Aus dem Hilbertraum; ein vollständiger Vektorraum auf dem die Norm durch das Skalarprodukt definiert ist.

Welche Hilberträume kennen Sie?
 - L^2 - Raum der quadratintegrierbaren Funktionen

Wofür brauchen wir, dass die Funktionen quadratintegrierbar sind?
 - Wellenfunktion soll normiert sein, sodass $|\Psi|^2$ als Wahrscheinlichkeitsdichte interpretiert werden kann.

Was ist H ?
 - Hamiltonoperator; linear und hermitesch; gibt die Energie eines Zustands an; Die Eigenfunktionen geben die Zeitentwicklung eines allgemeinen Zustands vor.

Wie hängt das mit der stationären SG zusammen?
 - Über den Separationsansatz $\Psi(x,t) = \phi(x)f(t)$ erhält man die stationäre aus der zeitabhängigen SG.

Beweisen Sie, dass zwei Eigenzustände des Hamilton mit unterschiedlichen Eigenwerten orthogonal sind
 - Zuerst den Ansatz nicht gewusst. $H \Psi_n = E_n \Psi_n$; $H \Psi_m = E_m \Psi_m$; $E_n \neq E_m$ hingeschrieben. Dann kurz überlegt und gesagt, dass mir der Ansatz gerade nicht einfällt.

Berechnen Sie doch mal ein Skalarprodukt.
 - Ahja: $\langle \Psi_n | H | \Psi_m \rangle = E_m \langle \Psi_n | \Psi_m \rangle = E_n \langle \Psi_n | \Psi_m \rangle \Rightarrow \langle \Psi_n | \Psi_m \rangle = 0$

Was ist ein Wellenpaket?
 - Eine Überlagerung von ebenen Wellen: $\Psi(x,t) = \int dk g(k) \exp(i[kx - \omega t])$

Was ist Ω ?
 - Kreisfrequenz. Hängt mit der Energie für freies Teilchen über $E = \hbar \omega = \hbar^2 \omega^2 / 2m$ zusammen.

Wie sieht das für ein masseloses Teilchen aus?
 - etwas Probleme gehabt. Er hat mich dann über die relativistische Energie-Impuls-Beziehung hingeführt.

Malt in etwa gaußförmiges Wellenpaket der Breite Δx auf mit Maximum bei x_0 , das sich mit v_0 nach rechts bewegt. Sagen Sie mir möglichst viel über $g(k)$, wie das hier aussieht.
 - $\Psi(x)$ ist also Gaußverteilt

nur in etwa, nicht genau; malen Sie $g(k)$ doch mal hin.
 - Etwa gaußförmige Kurve hingemalt. Fouriertrafo von in etwa Gauß, ist wieder in etwa Gauß. noch dazu gesagt, dass die Phase von $g(k)$ die Verschiebung zu x_0 verursacht.
 Nach ein wenig Hin und Her habe ich die Methode der stationären Phase verwendet, um die Gruppengeschwindigkeit und den Zusammenhang zwischen der Phase von $g(k)$ und x_0 herzuleiten.

Was ist dann der Unterschied zwischen dem freien Teilchen und dem masselosen Teilchen?
 - Beim freien Teilchen hängt Phasengeschwindigkeit von k ab, bei masselosem nicht. -> Wellenfkt. für freies Teilchen zerläuft, die für masseloses Teilchen nicht.

Wie lautet der Hamiltonoperator für das H-Atom?
 - In relativkoordinaten hingeschrieben und dazugesagt: $p =$ relativ Impuls; $m =$ reduzierte Masse

Welche Erhaltungsgrößen gibt es?
 - Energieerhaltung

Wegen welche Symmetrie?
 - Zeittranslationsinvarianz
 - außerdem L^2 und jede Komponente von L wegen Rotationssymmetrie

Wenn wir Noether-Theorem nicht hätten, wie würden Sie zeigen, dass L_x erhalten ist?
 - L_x kommutiert mit H und ist deshalb erhalten

Warum kommutiert das?
 - H umgeschrieben mit $p^2 = p_r^2 - L^2 / r^2$ wobei $p_r^2 = 1/r d^2/dr^2 r$ ist und dazu gesagt, dass L nur auf Winkel wirkt und deshalb mit p_r^2 kommutiert, außerdem kommutiert L_x mit L^2 .

Das war nicht das was ich erwartet hatte, aber scheint auch ok zu sein.

Warum können wir denn die Zustände mit $|l m\rangle$ bezeichnen
 - Hatte da nicht sofort verstanden auf was er eigentlich hinaus wollte. Letztendlich wollte er hören, dass L^2 und L_z einen $vSk0$ bilden.

Warum sind die Impulswerte nur ganz oder halbzahlig?
 - Herleitung nicht genau im Kopf gehabt. Gesagt, dass bei der Herleitung die Bedingung raus kommt, dass m in ganzen Schritten von $-l$ bis l geht und das nur geht, wenn l ganz oder halbzahlig ist. Irgendwo auch mal $L_{\pm}$ hin geschrieben.

Können Sie mich davon überzeugen, dass L_+ wirklich ein Leiteroperator ist, wie sie behaupten?
 - Ansatz wieder nicht gewusst.

Wenden Sie doch mal $L_z L_+$ an.
 - $L_z L_+ |lm\rangle$, L_z u L_+ vertauscht, dabei zuerst Kommutator vergessen, den dann noch ausführlich ausgerechnet und umgeformt -> $\hbar(m+1) J_+ |lm\rangle \rightarrow J_+ |lm\rangle$ ist EZ von L_z mit EW $\hbar(m+1)$

Energiespektrum des H-Atoms?
 - $E_n = -R_0/n^2$

Entartung?
 - n^2

 Theo E

Was bekommen Sie denn für eine Lösung beim Stark-Effekt für die Zustände mit $n=2$ ohne Spin?
 -Löst man mit Sudden-Approximation. Regeln $m=m'$ und $l=l'$ für $\langle 2lm|z|2l'm' \rangle \neq 0$ hergeleitet => einzige verbleibende Matrixelemente $\langle 200|z|210 \rangle$.
 Neue Zustände werden mit entarteter Störungstheorie berechnet.
 -> gibt Oszillation zwischen Zuständen $|200\rangle$ und $|210\rangle$
 # Wie lauten die Energiekorrekturen?
 +- VeE bzw. 0 für $|211\rangle$ u $|21-1\rangle$
 # welche Frequenz haben die Oszillationen?
 - $2VeE$.
 # Ginge das auch mit Fermis goldener Regel?
 -> nein, da bekommt man lineare Zeitabhängigkeit raus, haben aber oszillationen
 -es folgte eine längliche Diskussion darüber dass es bei kleinen Zeiten doch passt; ich meinte irgendwar dass die Zielzustände im Kontinuum liegen. dann sollte ich erklären warum das notwendig ist. Da habe ich ziehmlich gehangen und einige Tipps gebraucht.
 #Schreiben Sie mal die Diracgleichung auf.
 -in kovarianter Form hingeschrieben
 #Was heißt es, dass die Diracgleichung forminvariant ist?
 -In einem anderen Inertialsystem sieht die Gleichung genauso aus, wenn der transformierte Ableitungsviel und Spinor verwendet wird.
 #Wie sieht denn der transformierte Vektor aus?
 - Lorentztransformation hingeschrieben
 # Und Gamma?
 -transformiert nicht.
 # Aha. Das ist eigentlich die Forminvarianz der Dirac-Gl.
 #Und für den Psi-Vektor?
 - Psi ist ein Spinor, der transformiert anders: $\Psi'(x') = S(\Lambda) \Psi(x)$
 -Bedingung für $S(\Lambda)$ hergeleitet, dabei bisschen bei den Indizes verheddert aber letztendlich doch noch hinbekommen.

Theo F

Schreiben Sie mal die großkanonische Dichtematrix auf.
 $\rho_{nm} = \langle n | \sum_i \exp(-\beta(E_i - \mu N_i)) | i \rangle \langle i | m \rangle$
 # Warum ist da jetzt ein i an dem N ?
 -Weil im Großkanonischen Ensemble die Gesamtteilchenzahl nicht fixiert ist, und deshalb für verschiedene Zustände unterschiedlich sein kann.
 # Was sind die $|i\rangle$?
 -Eigenzustände des Hamiltonoperators
 #Und was haben Sie noch vergessen in der Formel?
 - Die Normierung. $1/Z$ hinzugefügt.
 # Wie berechnet man Z ?
 -Großkanonische Zustandssumme: $\sum_N \sum_n(N) \exp(-\beta(E_n^N - \mu N))$
 # Wenn Sie jetzt diese Schreibweise verwenden. Wofür ist die gut?/Worauf führt die hin?
 -kurz überlegt. Die Virialentwicklung.
 #Was ist das?
 -Entwicklung für kleine Fugazität $z = \exp(\beta \mu)$
 #Was heißt klein?
 -hohe Temperatur niedrige Teilchendichte. $z \ll 1 \rightarrow T \gg \mu / k$
 # Ja gut, damit können Sie jetzt viel rum Spielen, aber was heißt denn klein?...Es gibt da doch so eine Wellenlänge.
 - Die thermische De-Broglie-Wellenlänge λ_{T} . Der mittlere Teilchenabstand muss deutlich größer als λ_{T} sein.
 # gut. Was macht man in der Virialentwicklung?
 -Hingeschrieben wie in Skript Schön. Nach Kumulantenentwicklung und Bestimmung der beiden Kumulanten abgebrochen.
 # Zustandssumme für Bosegas
 - hingeschrieben und dabei etwas vertan glaube ich..
 # Chemisches Potential für Fermigas hinmalen
 -aufgemalt mit Proportionalitäten
 #Wo gilt die Virialentwicklung
 - bei großen T
 #Wie hängt die Wärmekapazität eines Fermigas von der Temperatur ab?
 - $c_V = T dS/dT|_{V,N}$ und $S = -d\Omega/dT|_{N,\mu}$

sollte das dann ausrechnen ausgehend von Ω , habe dann die erste Ableitung ausgeführt dann war es ok

#Wie kann es sein, dass μ von T abhängt, im großkanonischen ist μ doch vorgegeben?

- Wir betrachten immer Grenzfall großer Teilchenzahlen. Dabei verschwinden die relativen Teilchenzahlfli
weshalb wir N als fest ansehen können. μ erhalten wir dann durch Invertieren von $\langle N \rangle = -d\Omega/d\mu|_{T,V}$

#nochmal zum Bosegas. Wie sieht da das chemische Potential aus?

-Hingemalt und Bose-Einstein kondensation erwähnt.

#Gibt es immer BEC?

-Nur in 1D und 2D. .. ähm das habe ich gerade mit dem Ising-Modell verwechselt.

darauf hin sollte ich für ein Teilchen mit $E = a p^4$ in 2D herleiten, ob für dieses BEC auftritt. (a ist eine Konstante)

Das ganze geht über Aufsummieren der Zustände $\rightarrow$ Übergang zur Integralschreibweise; Polarkoordinaten einführen; Zustandsdichte berechnen

am Ende einer nicht sehr flüssigen Rechnung kam dann ein $\langle N \rangle$ propto $\int_{-\infty}^{\infty} de e^{-3/2}$ raus.

Das Integral divergiert, also gibt es oberhalb des Grundzustandes beliebig viele Zustände die besetzt werden und folglich keine BEC (da keine makroskopische Besetzung des Grundzustandes)

Damit war die Prüfung vorbei. (haben glaube ich 5min überzogen)