Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Shnirman		
⊗ BP ◯ NP ◯ SF ◯ EF ◯ NF ◯ LA	Datum: 18. Oktober 2017	Fachsemester: 8
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D, E, F		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo F		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Theo D: Schmalian Skript, Theo E: Steinhauser Skript, Schwabl, Theo F: Shnirman Skript, Fließbach
Dauer der Vorbereitung: 7 Wochen
Art der Vorbereitung: zu Beginn alleine lernen, Zusammenfassungen schreiben und einige Protokolle überfliegen um eine Themenübersicht zu haben; die letzten Wochen zusammen lernen und sich gegenseitig Protokolle abfragen
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: übliche Fragen durcharbeiten und gut durchrechnen, Prüfung mit Lernpartner simulieren

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? der Anfang verlief gut, der mittlere Teil verlief stockend, zum Ende hin ging es wieder besser
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? gibt Hilfestellung, formuliert die Frage um, nach einer Weile beantwortet er die Frage selbst
Kommentar zur Prüfung: ruhige Atmosphäre, wenn man etwas nicht weiß oder er es anders sehen will, kann eine ganze Weile auf dem Thema herumgeritten werden
Kommentar zur Benotung: 2,7
Die Schwierigkeit der Prüfung: verstehen worauf er hinaus will, Herleitung der zeitabhängigen Störungstheorie inklusive Darstellung des Wechselwirkungsbilds

Die Fragen

```
+ Wie sieht die zeitabhängige Schrödingergleichung aus?
- i*h_quer*partial_t|Psi> = H|Psi>
+ Was ist H?
- Der Hamiltonoperator, stellt Energie dar, ist hermitesch
+ Was heißt hermitesch?
- H = H^dagger -> H hat reele Eigenwerte
+ Was ist dagger?
- komplex konjugiert und transponiert
+ Was ist Psi?
- Zustandsvektor, der Zustand im Hilbertraum beschreibt
+ Was ist ein Hilbertraum?
```

- Vektorraum mit Skalarprodukt, z.B. Hilbertraum eines freien Teilchens ist L^2-Raum (Raum der quadratir Funktionen)
+ Welche Dimension hat ein Hilbertraum mit Spin?
- 2 (bzw. 2s+1)
+ Wie kommt man auf die stationäre Schrödingergleichung?
- aufteilen der Orts- und Zeitabhängigkeit des Zustands Psi in zwei verschiedene Funktionen Psi(r,t)=Psi
+ Wie ist die Lösung des zeitabhängigen Teils?
- Lösung f(t) = exp(-i*E*t/h_quer)
+ Wie kann man das mit zeitabhängigem Hamiltonoperator machen?
- mit dem Zeitentwicklungsoperator: |Psi, t> = U(t, t_0)|Psi, t_0>, eingesetzt in Schrödingergleichung ergibt das eine Gleichung für U, iteratives Lösen ergibt: U(t, t_0) = T exp(-i/h_quer * Integral(H(t')dt t_0, t)) mit T: Zeitordnungsoperator
+ Und wenn H jetzt doch zeitunabhängig ist, wie wirkt H dann auf Psi?
- H wirkt auf Psi und man erhält den Energieeigenwert
+ H wirkt nur auf seine Eigenfunktionen.
- Psi entwickeln in Eigenfunktionen von H, |Psi> = Summe(n) alpha_n |n>
+ Wie bekommt man die alpha_n?
- (ein paar Minuten Verwirrung und verschiedene Versuche, nach ein paar Hilfen hat es dann geklappt) <m| von links an die vorige Gleichung anbinden -> alpha_m = <m|Psi>
+ Wie sieht der Wasserstoffatom-Hamiltonian aus?
- in Relativkoordinaten: H = p^2/(2*mu) + e^2/(4*Pi*e_0*r) mit mu: reduzierte Masse, mu ist ungefähr m_e, da Protonmasse groß
+ Welche Operatoren beschreiben das System?
- H, L^2, L_z
+ Warum so viele, H beschreibt doch schon die Energie?
- die Zustände sind entartet, die anderen Quantenzahlen werden also benötigt um die entarteten Zustände auseinanderhalten zu können
+ Welchen Entartungsgrad hat das Wasserstoffatom?
- g(n) = n^2
+ Wie kommt man darauf?
- g(n) = Summe(l=0, n-1) Summe(m_l=-l, l) 1 = Summe(l=0, n-1) 2*l+1 = n^2, m_l läuft von -l bis l (insge 2*l+1 Zustände), l läuft von 0 bis n-1 (Beweis für die letzte Summe war nicht notwendig)
+ Wie sieht das Spektrum aus?
- E_n = -R_y*z^2/n^2, R_y = 13,6eV
+ Gibt es Zustände mit E>0?
- ...(wusste ich nicht)
+ Beide Antworten sind korrekt, wenn man sie begründet.
- Gibt es nicht, weil es aus E_n nicht rauskommt
+ Die andere Antwort wäre gewesen, dass die E>0 Zustände Streuzustände sind. Welche Möglichkeiten gibt es die Entartung aufzuheben?
- Feinstruktur, Hyperfeinstruktur, Zeemanneffekt, Starkeffekt
+ Wie sieht die Aufspaltung bei der Feinstruktur mit n=2 aus?
- H = -gamma*Vektor(L)*Vektor(s), berechnet mit entarteter Störungstheorie, Ls mit Gesamtspin Vektor(J) = Vektor(L) + Vektor(s) umschreiben, hatte ich mir vorher nicht im Detail angeschaut hatte, sodass er mit meiner Notation der Zustände nicht zufrieden war und ich nicht wusste wie sie offiziel aussehen sollen, Störungsmatrix <m|H|n> mit "richtiger" neuer Basis |n, j, l, s> -> 3x3 Matrix
+ Welche Werte kann j annehmen?
- von Betrag(Vektor(L) + Vektor(s)) bis Betrag(Vektor(L) - Vektor(s)) in 1er Schritten
+ Wie sieht die Entartung vorher und nachher aus?
- vorher: 8 wegen Spin mal 2, nachher: Aufspaltung in 3 Niveaus mit Entartung 2, 4, 2
+ Wie berechnet man eine zeitabhängige Störung?
- Hamiltonoperator mit Störung: H = H_0 + lambda*V(t), berechnet wird mit zeitabhängigen Übergangswkeit P_(i->f) = Betrag^2(...)
+ Wie leitet man das her?
- Beginn mit zeitabhängigen Koeefizienten |Psi> = Summe(n) alpha_n(t)|n> = Summe(n) c_n(t)*exp(-i*E_n*t, (hier wollte er unbedingt, dass man das mit dem Wechselwirkungsbild erklärt)
+ Wie sieht die Zeitentwicklung im Wechselwirkungsbild aus?
- |Psi>_I = exp(-i*H_0*t/h_quer)|Psi>_S, einsetzen in zeitabhängige Schrödinergleichung, Lösung: i*h_que = V_I(t)|Psi>_I, die Zeitentwicklung hängt also von der Störung ab im WW-Bild (hat eine Weile gedauert und Hilfe benötigt, darauf zu kommen)
+ Für welche Störung geht das so? Langsam oder Schnell?
- Langsam
+ Wie geht das für eine schnelle Störung?
- Fermis Goldene Regel

+ Können sie die herleiten?
- Nein (er beschreibt darauf kurz wie man das macht: schnelle Zeitabhängigkeit von <f|V|i> aus Integral rausziehen, integrieren von verbleibender exp(...), t->unendlich)
+ Wie sieht die Diracgleichung aus?
- Zuerst mit alpha- und beta-Matrizen hingeschrieben
+ Wie sieht sie in kovarianter Form aus?
- hingeschrieben mit gamma-Matrizen
+ Was ist hier ein Vierervektor?
- partial_mu
+ Wie transformieren Vierervektoren?
- x'^mu = Lambda^mu_nu x^nu
+ Transformiert gamma auch so?
- Nein gamma ist schon Lorentzinvariant, ist also kein Vierervektor
+ Wie sieht die Diracgleichung mit Feld aus?
- gamma_mu -> gamma_mu - A_mu (minimale Kopplung)
+ Ist A auch ein Vierevektor?
- Ja
+ Wie transformiert der Spinor Psi?
- Psi'(x') = S(Lambda) Psi(x)
+ Wie kann man S bestimmen?
- Transformation für Vierervektoren und Spinor einsetzen, Vergleich mit schon Transformierter Form, Bestimmungsgleichung für S: Lambda^mu_nu gamma^nu = S^(-1)(Lambda) gamma^nu S(Lambda)
+ Wie sieht die Diracgleichung für kleine Felder aus?
- Pauligleichung hingeschrieben
+ Was ist der Unterschied zwischen Psi (in Diracgleichung) und Phi (in Pauligleichung)?
- Psi ist vierkomponentiger Spinor, Phi ist zweikomponentig
+ Wie sieht die Dichtematrix?
- Dichtematrix (großkanonisch) hingeschrieben
+ Was ist Z_G?
- Großkanonische Zustandssumme, Formel dazu hingeschrieben
+ Statt dem E_n steht hier der Hamiltonoperator. Über was wird hier summiert?
- Summe über alle Mikrozustände
+ Und genauer?
- (wusste ich nicht, das Richtige ist viellecht die Summe über alle möglichen Zustände der Teilchen)
+ Welche Mikrozustände gibt es bei Bosonen?
- Besetzungszahl n, Impuls p, Spinrichtung sigma
+ Wann tritt Bose-Einstein-Kondensation auf?
- in 3D und höher, überprüfen kann man das mit der Zustandssumme->Konvergenz der Teilchenzahl N
+ Was ist die allgemeine Formel für N?
- N = (2s+1)*V*Integral(d^(d)p*n_B/(2*Pi*h_quer)^d, d: Dimension
+ Von was hängt n_B ab?
- n_B = n_B(E(p))
+ Wie sieht n_B aus?
- n_B = 1/(exp(E-mu)-1)
+ Das ist <n_B>. Wie würde man das mit der BEK ausrechnen?
- mit der Teilchenzahl N = (2s+1)*V*Integral(dE*nu(E)*n_B(E), von 0 bis unendlich)->BEK bei Konvergenz, keine BEK bei Divergenz
+ Was ist mu bei BEK?
- mu = 0
+ Wie sieht mu in Abhängigkeit der Temperatur aus?
- Graph gezeichnet(mu=0 von T=0 bis T=T_c, danach proportional zu -T^(3/2)