Fach: Theoretische Physik	
PrüferIn: Shnirman	
⊗ BP ◯ NP ◯ SF ◯ EF ◯ NF ◯ LA — Datum: 17. April 2024	Fachsemester: 8
Welche Vorlesungen wurden geprüft? QM1, QM2 bzw. Theo D,E und Fa	
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo D	

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Prof. Schnirman hat mich vor Der Prüfung gefragt ob ich im neuem System bin und ich meinte ja, deshalb hat er dann nur Fa aus der statistischen Physik geprüft.
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: keine
Verwendete Literatur/Skripte: Theo D Script(von Schnirman), QM1 Script(von Metelmann), Schwabel QM1 Theo E/QM2 Scribt(von Steinhauser), Schwabel QM1, Schwabel QM2 Theo Fa Script(von Garst), Schwabel Statistische Mechanik (gnerell kann ich die Schwabelbücher zur Vorbereitung empfehlen)
Dauer der Vorbereitung: fast 2 Monate, Davon etwa 4 Wochen täglich mit Pause am Wochenende im Schnitt 3-4h dann in den letzten 3 Wochen intensiver täglich mind.4h.
Art der Vorbereitung: Ich habe mir eine Liste mit Themen, welche ich abhacken muss (etwa 130 Stichpunkt) erstellt. Ich bin dafür durch die Vorlesungen gegangen und habe mir die Überschriften notiert. Dann bin ich die Themen auf der Liste mithilfe der Scripte und Bücher durchgegangen (also verstehen und gegebenfalls das Thema auf einem Blatt/Tafel zusammenfassen. 3 Wochen vor der Prüfung hab ich dann mit Altprotokollen angefangen. Dabei hab ich die Liste immer noch abgearbeitet und die anderen Themen wiederholt. Die Altprotokolle habe ich selbst Durchgelesen aber auch mich von Kommilitonen abfragen lassen.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Das Prinzip mit der Liste kann ich sehr empfehlen (hab och auch bei ex gemacht), denn dadurch hab ich eine Art Struktur/Plan gehabt, wodurch ich immer wusste was ich noch zu lernen habe und was mir noch fehlt. Im Nachhinein würde ich 1 Woche früher mit Altprotokollen anfangen, einfach nur damit es etwas lockere ist.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Die Allgemeine Atmosphäre war sehr angenehm.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er hat versucht die Frage besser zu erläutern und im Notfall mit einem Tipp geholfen.
Kommentar zur Prüfung: Ich war sehr nervös und es wurden viele Themen abgefragt
Kommentar zur Benotung: 1.0
Die Schwierigkeit der Prüfung: ruhig zu bleiben

Die Fragen

I: Ich

S: Prof. Schnirman

S: Zeitabhängige SG

I: hingeschrieben

S: Wie löse ich das Problem der Zeitenwicklung, wenn H eben zeitab. ist.

I: |psi,t> = U(t,to)|psi,0> einsetzen in SG dann Integrieren sodass man U(t,to)= T exp(-i/h_quer \int_t dt' H(t') mit dem Zeitordnungsoperator T.

S: Ja, das stimmt. Was ist den überhaubt H und Psi ?

I: H ist der Hamiltonoperator..

S: was für Eigenschaften hat Dieser ?

I: hermitesch und somit EW reell, was für unsere Observablen gut ist den die EW sind ja unsere Messwert Psi ist die Wellenfkt. des Teilchens.

S: In was für einem Raum befindet sich den Psi ?

I: Hilbert Raum

S: Kennen sie Beispiele für Hilberräume?

I: L^2 der Raum quadrat integrablten Fkt. und der Hilberraum für Spins.

S: Was ist den eine Basis von einem Raum.

I: Mit der Basis kann man durch Superposition der Basiszustände jedes Psi darstellen (dabei auch die Formel hingeschrieben).

S: Betrachten wir nun ein freies Teilchen. Was ist die lsg?

I: Ebene Wellen. Sind aber nicht normierbar und somit kann man kein W'keitsinterpretations formulieren. Deshalb physikalsch mögliche lsd sind Wellenpakete (allgemeine Forel für Welenpakette hingeschrieben). Wenn nun die Gewichtsfunktion g(k) quadratintegrabel ist, dann ist auch unsere lsg das.

S: Leiten sie mir doch bitte die Gruppengeschwindigkeit her.

I: Ok, g(k) soll einen Peak um ko haben und man kann das dann unschreiben in g(k) = |g(k)| exp(-i\alpha Das setze ich dein ein und erhalte die Phase \Phi(k) = kx-w(k)t-\alpha(k). Diese kann ich dann Taylorn. Betrachte ich die 1.Ord. bei t=o erhalte ich den Schwerpunkt des Wellenpakets im Ortsraum xo = \partial k)|k=ko. Dann gesagt das wenn ich die 1.Ord mit t erhalt x-xo-vg t mit vg = \partial\omega(k)/(\partia k)|k=ko. Brauche dazu Prinzip der stationären Phase.

S: Was passiert wenn ich 2.Ordnung betrachte ?

I: Dispersion für lange Zeiten zerfließt das Paket.

S: für kurze Zeiten kann es auch schärfer werden, aber für lange zerfließt es, ja. Betrachten wir nun das H-Atom. Schreiben sie mir den Hamilton in relativ Koordinaten auf.

I: gemacht

S: Was kann ich nun machen um das Problem zu lösen. was macht man um es zu vereinfachen?

I: Das Potential ist Kugelsymmetrisch, deshalb macht es Sinn den Hamilton in Kugelkoordinaten zu schrei

S: Wenn H Kugelsymmetrisch ist was ist dann erhalten ?

I: Der Drehimpuls Lx,Ly,Lz.

S: ja; genau. Was ist den nun das VSKO.

I: H,L^2,Lz sie bilden eine gemeinsame Eigenbasis und heben die Zustandsentartung auf mithilfe der Quantenzahlen |nlm> auf.

S: gilt das für alle Energien?

I: für E<0 gebundene Zustände mit En = -Ry/n^2 und für E>0 Streuzustände mit Ek= h_Quer^2k^2/2m.

S: Was ist die Entartung bei den gebundenen Zuständen ?

I: n^2

S: Wie Kommen sie da drauf?

I: l geht von Obis n-1 und m von -l bis l. Also g(n)= g \Summe_l=0^(n-1) \Summe_m=-l^(m=l) 1.

S: Was ist das g vor der Summe ?

I: die Spinentartung g = 2s+1.

S: Zählen sie mir mal auf, was alles meine Energieentartung aufheben kann.

I: FeinStrucktur, also S-B-Kopplung, rlativitische korrektur, Darwinterm. Bei E_feld Stichwort Starkeff und B_feld Zeemaneffekt.

S: Was ist der quadratische Zeemaneffekt?

I: Wir betrachten n=1 also Grundzustand |100>. Dieser Zustand ist nicht entartet, also brauchen wir keine entartete Störungstheorie. Die Korrektue 1.Ord. ist Null aufgrund der Auswahlregeln. Daraufhin habe ich die Regeln aufgezählt und erklärt aus welchen Relationen sie kommen(also [Lz,z]=0,PzP=-z, Wiegner-Eckart). Deshalb betrachtet man die Korrektur 2.Ord (hingeschrieben) diese ist ~ zu E^2.

S: wie sieht es nun bei n=2 aus?

I: Es gibt Entartung (|200>,|210>,|21-1>,|211>), deshalb Entartete Störungstheorie. Man muss die Störma diagonalisieren. Mit Auswahlregeln bleibt nur noch <200|V|201> = \Delta = <210|V|200> übrig. Diese beiden Matrixelemente sind gleich , weil m=0 bei beiden und somit laguerpolynom multipiziert mit Kugelf

reell ist. Dann hab ich den sym. und antsym. Eigenzustand aufgeschrieben und dann noch \Delta = Ekorr = -3 ao e E.
S: (winkt mit der Hand ab) was genau bei der Korrektur raus kommt weiß ich nicht, ist halt ~ zu E. Nun seien wir in |200> und schalten das B-Feld plötzlich an. Was passiert ?
I: Wir müssen unseren Anfangszustand in der Basis der gestörten Hamilton ausdrücken also |200> = 1/2^-0 (v1 - v2) wobei v1 der vorhin aufgeschriebene sym. Zustand ist und v2 der antisym. Nun wendet man den Zeitentwicklungsoperator auf die Eigenzustände an und erhält somit eine Oszillation zwischen |200> und |210>.
S: genau, mit welcher Frequenz Oszillieren die ?
I: ....ehh (wusst ich nicht mehr genau) (\Delta)/h_quer ~ \omega hingeschrieben (hat ihm anscheinend gepasst)
S: Jetzt haben wir das Problem vollständig gelöst. Kann man es den auch mit Zeitabhängiger Störungstheo: lösen.
I: (Da musst ich erstmal nachdenken und hab erstmal etwas gesagt von dem ich wusste das dass auf jeden Fall stimmt, was aber nicht ganz die Frage war) Also Fermis Goldene Regel kann man nicht verwenden wiel das nur für kontinuierliche Zustände geht. Was die Zeitabhängige ST angeht........., also ich seh nicht warum man die Dyson Reihe nicht anwenden dürfte.
S: Ja, aber die Lösungen sind dann ja nicht äquivalent. Wir haben ja eine Oszillation erhalten und bei der Dyson-Reihe erhalten wir was ?
I: ehh......
S: schreiben sie mal die Dysonreihe hin.
I: gemacht
S: richtig in 1.Ordung erhalten wir Abgängigkeiten von t und in 2.Ord. von t^2. Das sind Näherungen 1. bzw 2. Ordnung (so ähnlich wie bei der Taylorreihe es gilt nur um den Punkt wo man entwickelt. Würde man alle Terme der Dysonreihe ausrechnen so würde man auch auf den cosinus und sinus, also die Oszillat: kommen. Kennen sie den Aharanov-Bohm Effekt ?
I: ja, hab den dann erklärt und die Transformationen für das Feld und die Wellenfkt hingeschrieben. Ich wollte dann die Phase noch ausrechnen aber da hat er schon abgewunken. Ich hab dann nur gesagt was raus kommt.
S: Leiten sie mir bitte Fermis Goldene Regel her.
I: gemacht für eine bestimmten zustand und für eine Menge von Zielzuständen.
S: das steht ja die delta-fkt., d.h. wenn die Energien nicht genau übereinstimmen, ist die Übergangsrat gleich Null. Wieso steht da jetzt auf einmal die Zustandsdicht?
I: Ich habe dann mit Prof. Schnirman viel darüber diskutiert(Er wollte mich zur lsg führen was ich so halb hinbekommen habe), wobei ich die sincfkt. zeichnen musste und daran dann zeigen, das die Final Zustände in dem Hauptpeak seien müssen, damit es zu Übergang kommen kann.
S: machen wir nun relativistische QM. Schreiben sie mir Bitte die Dirac-Gl in kovarianter Form hin.
I: gemacht
S: Wie sieht sie aus in einem Em-Feld ?
I: minimale Kopplung also ersetze ih_quer\partial_nu ---> ih_quer\partial_nu - q/c A_nu. das setze ich ein.
S: Wie transformieren die Größen ?
I: \Gamma ist Lorenttzinvariant, Viererdivergenz transformiert sich wie der Vierer Ortsvektor (hingesch: und psi'(x') = S(\lamda) psi(x). Dann Gleichung aufgeschrieben aus der man S bestimmen kann und nur gesagt wie man auf die Gl kommt.
S: können sie mir bitte explizit vorrechnen wie man auf die Gl. kommt.
I: (hab das zwar gelernt aber zuletzt vor 2 1/2 Wochen gemacht. Zum glück ist es aber nicht so schwer, bin dann mit kurzem zögern drauf gekommen) Habe die Transformationen in die Dirac_Gl eingesetzt und und dann Dirac-Gl mit S^-1 von links multipliziert, dann umgestellt und mit der anfänglichen Dirac-Gl verglichen. Und dann S^-1 \gamma^mu S = \lamda^mu_nu \gamma^nu.
S: Was passiert nun für kleine Geschwindigkeiten?
I: für den nichtrelativistischen Grenzfall erhalten wir die Pauli-Gl, hingeschrieben.
S: Was ist den Phi und für welche Energie ist die Gleichung den ?
I: Phi ist ein zweikomponentiger Spinor, die oberen beiden Komponenten des Vierkomponentigen Lorentzspi: also mit positiver Energie.
S: wie siehts den für negative aus?
I: Pauli-GL für negative E hingeschrieben und gesagt das überall wo ein Term mit m vorkommt ein minus hin muss.
S: wie interpretiere ich den die negativen Energien?
I: Diracsee erklärt und danach Feynmann-Stückelberg Interpretation erklärt.
S: Sie haben ja die Pauli-Gl für neg. E hingeschrieben und richtig gesagt das bei m ein minus hin muss, aber wenn ich nun eine Gl für ein Positron mit positiver Masse und positiver Energie haben will was passiert dann ? (Schnirman hat die Frage nicht so gestellt, Ich habe überhaupt nicht verstanden auf was erhinaus will bis ich es erst ganz zum Schluss verstanden habe was er wollte.)

I: Ich habe dann erwähnt das die Ladung ja negativ ist. (Schnirman meinte dann: genau das dreht mir mein Vorzeichen wieder.

S: Wie siehts aus mit weiteren Termen der Pauli-Gl. ?

I: die nächsten Korrekturen ist die Feinstruktur also SpinBahn, rel.Korr., Darwinterm.

S: Wie sieht das nun aus für die Spin Bahn Kopplung?

I: naja H ~ S*L und dann,

S: ja, aber wie sieht den genau der zusätzliche Term in der Pauli-Gl aus.

I: Das weiß ich nicht.

S: Ok.(Hat dabei so gewunken, glaube das war nicht so schlimm das ich das nicht wusste) Wir haben jetzt noch Zeit für statistische Physik. schreiben sie mir die Dichtematrix für das Großkanonische Ensemble auf

I: ich war sehr nervös und habe dabei einen Fehler dabei gemacht der trivial war, kam dann ins stocken, weil Schnirman gmeint hätte so ist es falsch. Schnirman hat mir dann geholfen und es ging weiter.

S: Wie sieht die Zustandssumme aus ?

I: Zustandssumme für Fermionen und Bosonen hergeleitet und dabei Einteilchenzustände, Produktzustände und Mikrozustände erklärt. (Die ganze Erklärung der Zustände war etwas holprig da mir eines der Wörter nicht eingefallen ist, außerdem hab ich eine Sache bei der Herleitung vergessen. Das war die Situation wo mir Schnirman dann explizit geholfen hat und nicht nur ein Tipp gegeben.)

S: und wie sieht dann die mittlere Besetzungszahl aus?

I: Fermi-Dirac-Verteilung und Bose_Einstein-Verteilung hergeleitet.

S: Wie sieht das Potential aus?

I: \Omega = -kb T ln (z)

S: und von was hängt \Omega ab?

I: T,V,\mu

S: Wie kommt man jetzt auf die mittlere Teilchenzahl?

I: habe erst <N> = tr{\Roh N} aufgeschrieben.

S: ja aber jetzt haben sie ja schon das Großkanonische Potential.

I: Aso, N = - \partial \Omega /(\partial mu)

S: ja genau und was kommt da jetzt raus ?

I: ....Ich muss dann halt nach mu ableiten (ich wollte aber nicht nach mu ableiten)

S: ja....(ich wusste nicht was er will aber ich wollte die Ableitung nicht machen das war ich mir siche: XD) Wann tritt den BEK auf ?

I: dann Integral hingeschrieben N = g*V* \int de nu(e) nb(e). Dannn erklärt das wenn das Integral für mu --> 0 also Fugazität gegen 1 konvergiert dann tritt BEK auf.

S: ja, und wie kann man das physikalisch erklären.

I: habe dann die Erklärung übers spezifische Volumen gemacht. Das wenn Z=1 und des Integral konvergiert dann ist g_(3/2)(1) ein fester wert und die spezifische wärme ist antiproportional zu T. wir jetzt T noch kleiner, also T<Tc dann wächst das spezifische Volumen --> Die einzelnen Bosonen haben kein "Platz" mehr und kondensieren dann in den Grundzustand.

S: Das ist etwas kompliziert erklärt aber richtig. (er hat es mir dann erklärt wie es einfacher geht, aber auf die schnelle und mit der Nervosität hab ich nicht verstanden was er meinte. Trotzdem schön genickt und ja gesagt)

So die Zeit ist jetzt vorbei. Bitte gehen sie kurz raus.

Ich wurde dann nach etwas 30 sec wieder reingerufen und er meinte das war stark und eine 1.0.

Finale kann ich sagen: Schnirman fragt ein großes Spektrum ab und durch das lernen für seine Prüfung erlangt man ein breites Wissen. Außerdem ist Schnirman in der Prüfung nett und hilft auch gerne.