Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Schmalian		
⊗ BP ◯ NP ◯ SF ◯ EF ◯ NF ◯ LA	Datum: 09. März 2021	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D-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: Skript Schmalian, Skriptzusammenfassung Schmalian auf Leech, Skript Nierste Theo E: Skript Steinhauser, Skript Zeppenfeld Theo F: Skript Schmalian, ein paar Aufgaben aus den Übungsblättern, da er davon was in den Protokollen gefragt hat Internet
Dauer der Vorbereitung: 4 Monate
Art der Vorbereitung: Skripte zusammenfassen, letzte 3 Wochen Protokolle durchgehen und abgefragt werden
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: viele Protokolle durcharbeiten, damit man auch die Themen kann, die wirklich nur Schmalian in seinem Theo D Skript bearbeitet.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? sehr gut, er ist sehr nett und lobt einen viel obwohl ich sehr aufgeregt war, war es eine angenehme Atmosphäre Schmalian sagt auch immer wieder, dass er ja da ist um zu provozieren, wenn man mal kurz sprachlos ist wegen schwerer Fragen.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? hilft mit kleinen Zwischenfragen weiter
Kommentar zur Prüfung: schwierig, aber mit viel Lernen machbar und empfehlenswert
Kommentar zur Benotung: 1.0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Themenumfang und die Zusammenhänge zu erkennen

Die Fragen

Ich kann mich leider teils nicht mehr an die genauen Fragen erinnern, vor allem, weil Schmalian einen eher in ein Gespräch verwickelt und sehr viele kleine Zwischenfragen stellt.
S: Schmalian
I: Ich
S: Bei wem haben Sie die Vorlesungen gehört?
Sie können mir sagen, wenn etwas nicht in Ihrer Vorlesung dran kam, man kann nicht alles wissen.
Was gefällt Ihnen am besten an der Theoretischen Physik?
S: Mit welcher Gleichung beschreibt man den Zustand eines Teilchens?

I: Schrödinger-Gleichung
S: Wie sähe das für ein Teilchen im elektromagnetischen Feld aus?
I: füge minimale Kopplung in Hamiltonian ein und nachdem ich merke, dass es sich sowohl um ein Magnetfeld als auch um ein E-Feld handelt auch die Addition des Skalarfeldes (+e*phi)
S: Und wenn das Teilchen einen Spin hat?
I: addiere +mu_B*B*sigma zu Hamiltonian
S: Woher kommt denn jetzt das A (Vektorpotential)?
I: steckt im E-Feld und im B-Feld drin (schreibe Formeln explizit hin)
S: Was passiert wenn in A eine gewisse Unbestimmtheit steckt?
I: Es gibt die Eichfreiheit. Unter Eichung ist die Schrödinger Gleichung invariant, der Hamiltonian jedoch nicht. Ich habe die Eichung von A, phi und der Wellenfunktion hingeschrieben.
S: Stellen wir uns mal vor wir haben ein Teilchen und irgendwo anders ist ein lokal begrenztes Magnetfeld, in dem sich das Teilchen aber nicht befindet, was hat das für einen Einfluss auf das Teilchen?
I: Das hört sich für mich nach dem Aharonov-Bohm-Effekt an.
S: Stimmt, da ist es ähnlich, aber auf den will ich noch nicht hinaus.
I: Ja also das Magnetfeld könnte trotz seiner Abwesenheit beim Ort des Teilchens einen Einfluss haben durch das Vektorpotential. Dieses kann durch den Gradienten einer skalaren Funktion gegeben sein, sodass diese Funktion definiert ist durch das Integral des Vektorpotentials. B bleibt weiterhin Null, da es gegeben ist durch die Rotation von A. Durch die Differenz der beiden skalaren Funktionen gäbe es einen Phasenunterschied.
S: Sie gehen zu sehr auf den Aharonov-Bohm-Effekt ein. Was genau beeinflusst denn jetzt das Teilchen?
I: Das Vektorpotential. Wenn man von einem Solenioden ausgehen würde, dann wäre A=(magnetischer Fluss/(2*pi*r))*Einheitsvektor in Richtung phi
A ist also radial und kann somit, egal wo das Teilchen ist, Einfluss nehmen.
S: Ja und in dem A steckt ja jetzt der magnetische Fluss drinnen, dieser ist vorhanden und kann gemessen werden. (er wollte also wahrscheinlich auf den magnetischen Fluss raus)
Wie sähe dann die Wellenfunktion des Teilchens aus?
I: hingeschrieben mit *exp(proportional zu Skalarfeld)
S: Gut. Dann erklären Sie mir jetzt mal den Aharonov-Bohm-Effekt.
I: Vieles von davor nochmal wiederholt, da es ja sehr ähnlich war, nur jetzt einen Doppelspalt mit zweil Teilchenstrahlen vorbei am Solenoiden ergänzt. Auf dem Schirm gibt es ein Interferenzmuster, welches sich ändert, wenn man den Solenoiden anschaltet. Das Vektorpotential verursacht einen Phasenunterschied bei beiden Teilchenstrahlen. Diese bildet die Differenz der beiden Skalarfelder, die das Vektorpotential definieren.
Der Phasenunterschied ist also proportional zum geschlossenen Integral über A. Mit dem Satz von Stokes ergibt sich ein Integral über eine Fläche mit B im Integranden. Dieses Integral entspricht dem magnetischen Fluss.
S: Wie kann man denn diese beiden Terme (minimale Kopplung und (+e*phi)), die wir hier von Hand eingefügt haben, zusammenfassen?
I: Dirac Gleichung in kovarianter Form mit minimaler Kopplung
S: Wie kommt das jetzt zustande?
I: schreibe die Dirac Gleichung ohne minimale Kopplung in kovarianter Form auf und füge dann die minimale Kopplung an p ein.
S: Was können Sie mir über diese Gamma-Matrizen sagen?
I: Wenn man die Klein-Gordon-Gleichung mit der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung vergleicht, wobei der Dirac-Hamilton eingesetzt wurde und dann quadriert auf beiden Seiten wurde, ergibt sich, dass
alpha^2=beta^2=Einheitsmatrix, das heißt, dass sie Eigenwerte +-1 haben.
Mit dem Antikommutator {alpha,beta}=0 kommt man darauf, dass die Spur von alpha und beta Null sein muss. Da die Spur die Summe über alle Eigenwerte ist, muss die Dimension der Matrizen gerade sein. 2 geht nicht, da es dann nur 3 antikommutierende Matrizen gäbe (Pauli-Matrizen). 4 geht, dann gibt es 4 antikommutierende Matrizen (Gamma-Matrizen).
S: Wofür stehen die Komponenten dann hier in der Wellenfunktion?
I: Dirac-Spinor, die zwei Vektoren für ein Teilchen mit positiver Energie und für ein Antiteilchen mit negativer Energie. Die Vektoren können Spin up und

down haben.
S: Ja, Quantenmechanik also Vielteilchentheorie
Leiten Sie mir mal die Pauli-Gleichung her.
I: Ansatz Dirac Gleichung in kovarianter Form mit minimaler Kopplung.
Umschreiben in Matrix und dann durch Multiplikation mit Dirac-Spinor in
zwei Gleichungen aufteilen. Ansatz für phi und chi multipliziert mit
exp(proportional zu t) verwenden.
S: Warum können Sie diesen Ansatz machen?
I: gilt hier für ein Teilchen mit positiver Energie (ich weiß es leider nicht)
weiter mit Herleitung: Näherung machen, dass Ruheenergie viel größer als
Kinetische Energie und Feldenergie bei der zweiten Gleichung und diese dann
nach chi auflösen und in die erste Gleichung einsetzen.
Jetzt muss (sigma*pi)^2 ausmultipliziert werden, dies gelingt durch die
Relation von der Multiplikation von Pauli-Matrizen.
Es bleibt pi^2+i*sigma*(pixpi), ich musste dann nur noch den (pixpi)-Term
ausrechnen, welcher proportional zu B ist.
S: Dann wollen wir nochmal auf den Spin-Teil in ihrem Hamiltonian eingehen
(+mu_B*B*sigma).
Wie könnte man hier die Änderung des Erwartungswerts des Spins berechnen?
I: Ehrenfest-Theorem, da dort die Zeitabhängigkeit von Erwartungswerten
drinnen steckt, hingeschrieben mit sigma.
S: Berechnen Sie mal den Kommutator. Es kommt keine explizite Abhängigkeit
vor.
I: Streiche die partielle Ableitung.
[H,sigma]=[mu_B*sigma_i*B_i,sigma_j]=2*i*mu_B*epsillon_(ijk)*B_i*sigma_k
Es war ihm extrem wichtig, dass der Epsillontensor da noch steht und in
Komponentenschreibweise gerechnet wird, damit man sieht, dass das Theorem
dann insgesamt für sigma_j gilt.
S: Schreiben Sie das jetzt nochmal vektoriell auf.
I: d/dt<sigma>=2/h_quer*mu_B*Bx<sigma>, um dieses Kreuzprodukt zu erhalten war
der Epsillontensor wichtig.
S: Wie verhält sich der Erwartungswert jetzt bezüglich B?
I: Er steht senkrecht auf B.
S: Ja, es ist eine Präzessionsbewegung um B.
Dann zur Statistischen Physik. Erzählen Sie mir etwas über das Bose-
Einstein-Kondensat.
I: Makroskopische Besetzung des Einteilchen-Grundzustands bereits unter einer
kritischen Temperatur. Die Temperatur kann man bestimmen. Ich nehme einen
kürzeren Weg als in Ihrem Skript: lambda>d mit d=inter-atomic
space=n^(-1/3) mit n=N/V, da das Bose-Einstein-Kondensat ein
quantenmechanischer Effekt ist. Mit lamba=h_quer/(wurzel(2*pi*m*k_B*T)),
kann man jetzt nach T auflösen, wenn es gleichgesetzt wurde mit d.
S: Brillante Idee, jetzt machen wir aber noch die Herleitung aus meinem
Skript, damit ich rechtfertigen kann, warum wir die längere machen.
I: Schreibe erstmal den Erwartungswert der Teilchenzahl mit der Besetzungszahl
für Bosonen auf, umwandeln in ein Integral mit der Zustandsdichte über die
Energie.
Dann mache ich die Herleitung aus seinem Skript für die kritische
Temperatur, wobei die Zustandsdichte hier in 3D gegeben ist durch E^(1/2)
und erkläre dann anhand von p=0, dass dort keine Kontinuierlichkeit bei der
Besetzung der Zustände angenommen werden kann und eben dieser Zustand in
der Teilchenzahl durch omega=0 nicht beachtet worden ist. Dann habe ich
noch die Ungleichung für die Teilchenzahl für T>T_c aufgestellt, für T<T_c
ist diese nicht erlaubt, da N_0 ergänzt werden muss.
S: Schrieben Sie N_0 mal explizit hin.
I: Schreibe es hin durch die Annahme p=0 und sage, dass für N_0 die Bedingung
für makroskopische Besetzung gegeben sein muss (lim<N>->unendlich N_0/<N>
> 0), dies ist nur so, wenn das chemische Potential für T<T_c gegen Null
geht.
S: Zeichnen Sie mal das chemische Potential in Temperaturabhängigkeit.
I: Null für T<T_c, wird negativ für T>T_c
S: Wie sieht das ganze jetzt in 2D aus? Dafür haben wir die längere Herleitung
gebraucht.
I: In 2D ist die Zustandsdichte konstant, also divergiert das Integral über

die Teilchenzahl von vorhin, es gibt in 2D also kein Bose-Einstein-Kondensat.
S: Sehr gut, hier können wir eigentlich auch schon aufhören.