

Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Schmalian		
☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 31. Januar 2017	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D - F		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo D		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: keine
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: keine
Verwendete Literatur/Skripte: - Skript Theo D Schmalian - Skript Theo E Steinhauser - Skript Theo F Schön
Dauer der Vorbereitung: 3 Wochen
Art der Vorbereitung: die meiste Zeit alleine, aber auch mit Lernpartner
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: viel auf Verständnis lernen, aber Protokolle helfen auch viel (gibt einige Standardfragen)

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? - viele Folgefragen - lässt einen lange Dinge herleiten und stellt Zwischenfragen
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? gibt Hilfestellungen / formuliert Frage um (meinte selber, dass es seine Schuld ist, wenn man die Frage nicht versteht).
Kommentar zur Prüfung: angenehm, versucht zu helfen, wenn man nicht weiter kommt
Kommentar zur Benotung: kann mich nicht beschweren (1.0)
Die Schwierigkeit der Prüfung: nicht verwirren lassen, wenn ungewöhnliche Fragen kommen verstehen, was er meint ruhig bleiben

Die Fragen

P = Prüfer

S = Student

P: Wie beschreibt man ein Elektron im Magnetfeld?

S: Aber ohne Spin, oder?

P: Doch, machen wir es mal mit Spin.

S: $H = \frac{(p - qA)^2}{2m} + V - \mu \cdot B$

$\mu = g \mu_B S$

P: Wissen Sie, welchen Wert μ_B hat?

S: Nein, nicht auswendig.

P: Dann leiten Sie es her.

S: <habe versucht das irgendwie über den Drehimpuls herzuleiten und war verwirrt>

P: Von was kann μ_B dann abhängen?

S: Naja, von e , m , $\hbar$ und c .

<Dann Einheiten analysiert, hat dann irgendwann abgebrochen, weil er meinte, dass es so aussieht, dass ich das schon hinbekomme.>

P: Das ist ja jetzt A und B drin, das ist ja unschön. Gibt es eine Methode, mit der man beide Terme aus einem Ansatz bekommt?

S: <War verwirrt, habe mehrfach irgendetwas geantwortet und er dann die Frage mehrfach umformuliert.>

P: Gibt es eine Gleichung, die das Problem mit allem (also auch mit Spin) beschreibt?

S: <In der Formulierung war mir dann endlich klar, dass er auf die Diracgleichung raus wollte -> Diracgleichung hingeschrieben und etwas dazu erzählt.>

P: Wie kommt man von hier dann auf den Hamilton von vorhin?

S: <Gammamatrizen durch Paulimatrizen ausgedrückt, angefangen Pauligleichung herzuleiten (steht z.B. auf Wikipedia), Terme vernachlässigen ...>

P: <Zwischendurch als Hilfe> Sie bekommen hier ja Terme $\sigma_i \sigma_j$, wie können Sie diese umschreiben?

S: Als Summe von Kommutator und Antikommutator.

P: Guter Ansatz.

S: $\sigma_i \sigma_j \sim \delta_{ij} + i \epsilon_{ijk} \sigma_k$

Der erste Term liefert den Term mit A und der zweite den mit B.

P: In Ordnung, das reicht soweit. Wenn wir jetzt in zwei Dimensionen sind, was ist dann mit den Gammamatrizen?

S: Dann brauchen wir nur noch drei Matrizen und die Paulimatrizen reichen.

P: Genau. Haben wir dann das Antiteilchen oder den Spin nicht mehr beschrieben?

S: Den Spin, was auch in Ordnung ist, weil der in 2D keinen Sinn macht.

P: Erzählen Sie mir mal etwas zur Energie.

S: Es gibt eine positive und eine negative Lösung ($\pm \sqrt{p^2 + m^2}$). Die negative Lösung ist aber doof, weil das heißen würde, dass die Elektronen nicht stabil sind usw. Also kann man alle negativen Zustände als schon besetzt betrachten (Diracsee).

P: Richtig. Das ist aber schon mutig, oder? Das heißt ja, dass wir nie ein Einteilchensystem haben.

Sie haben sich eine einfache Frage verdient, was ist denn der Aharonov-Bohm-Effekt?

S: Man betrachtet einen Doppelspalt und dahinter in einem begrenzten Bereich ein Magnetfeld. Klassisch sollte sich nichts ändern, aber man beobachtet eine Verschiebung des Interferenzbildes. Im Hamiltonian steht ja das Vektorpotential und das muss ja außerhalb nicht als 0 gewählt werden (Eichfreiheit) und im Endeffekt bekommt man für beide Pfade eine unterschiedliche Phase und diese Phasendifferenz kann man dann beobachten.

P: Wie sieht der Wahrscheinlichkeitsstrom aus und was passiert unter einer Eichtransformation?

S: <Viel rumgerechnet und verwirrt, aber mit Hilfe dann darauf gekommen, dass der zusätzliche Term (mit dem der Strom dann eichinvariant ist) gerade proportional zum Vektorpotential ist.>

P: Wie sieht denn die Dichtematrix aus?

S: $\rho = \sum_n W_n |n\rangle\langle n|$

P: Wie berechnet man daraus dann den Erwartungswert eines Operators?

S: $\langle O \rangle = \sum_m W_m \langle m | O | \rho | m \rangle$

P: Ja, das ist ja jetzt komisch. Man addiert hier ja einfach ohne Interferenz zu berücksichtigen. Mich hat das damals sehr verwirrt, ich habe mich gerade durch die Quantenmechanik durch gequält und dann erzählt mir jemand, dass man das so machen kann. Warum?

S: <Mehrere Male geantwortet und Frage nochmal leicht umformuliert bekommen.> Makroskopische Systeme verhalten sich klassisch, ansonsten sähe die "klassische" Beschreibung ja anders aus.

P: Das ist nicht ganz richtig, aber die Antwort ist in Ordnung. Welcher Bewegungsgleichung gehorcht denn die Dichtematrix?

S: <verwirrt>

P: Haben Sie die von-Neumann-Gleichung bei Prof. Mirlin gemacht?

S: Das weiß ich leider nicht.

P: Dann leiten wir sie jetzt her. Was gilt denn für die Zustände?

S: $i \hbar \frac{d}{dt} |n\rangle = H |n\rangle$

$-i \hbar \frac{d}{dt} \langle n | = \langle n | H$
<Beides nach $|n\rangle$ bzw. $\langle n|$ aufgelöst und damit $d/dt |n\rangle\langle n|$ ausgerechnet.>
 $d/dt |n\rangle\langle n| = i/\hbar (|n\rangle\langle n|H - H|n\rangle\langle n|)$
P: Nach was sieht das denn jetzt aus?
S: Nach einem Kommutator.
P: Richtig. Dann können Sie jetzt $d\rho/dt$ berechnen.
S: $d\rho/dt = i/\hbar \sum_n W_n [|n\rangle\langle n|, H]$
P: Können Sie die rechte Seite noch wieder durch ρ ausdrücken?
S: $d\rho/dt = i/\hbar [\rho, H]$
P: Ist das jetzt die Heisenbergsche Bewegungsgleichung oder nicht?
S: Nein, ρ ist ja kein "Einteilchen"operator.
P: Nicht ganz, aber Ihr Argument ist richtig.
Letzte Frage: Ich gebe Ihnen ein klassisches Gas mit der Dispersionsrelation
 $\epsilon = p^2/2m$, wie sieht dann das ideale Gasgesetz aus?
S: $pV = nk_B T$
P: Warum?
S: Das Ergebnis des Integrals nach p fällt weg.