

Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Schmalian		
☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 27. April 2020	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft?		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Keine
Verwendete Literatur/Skripte: Theo D/F Skript von Prof. Schmalian, Sakurai Napolitano
Dauer der Vorbereitung: 1,5 Monate relativ intensiv (4-8 Stunden täglich)
Art der Vorbereitung: Zunächst alleine Literatur durchgegangen und mir selbst offene Fragen aufgeschrieben (~7 Wochen), dann zu zweit Protokolle durchgegangen und offene Fragen diskutiert.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Lernt am besten nah an den Protokollen, die Prüfungsfragen wiederholen sich oft. Bei mir kamen 2-3 neue Fragen dran, für die dann ein breiteres Wissen notwendig ist.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehm und entspannt. Es wurde hauptsächlich Theo D mit ein bisschen Theo E und Theo F abgefragt. Prof. Schmalian hat sehr schnell gemerkt, dass ich die Standardthemen beherrsche und ist dann zu schwierigeren Themen übergegangen.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Wenn ich nicht direkt weiter wusste, hat er mir Zeit zum Nachdenken gegeben und auch teilweise Tips gegeben. Nie wurde Druck ausgeübt.
Kommentar zur Prüfung: Sehr zu empfehlen
Kommentar zur Benotung: 1,0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Fragen beantworten, die man so vorher nicht gesehen hat bzw. zu denen man spontan keine Antwort weiß. Das betrifft hier vor allem den Beweis zum No-Cloning-Theorem.

Die Fragen

P: Prüfer, S: Student

P: Bei wem haben Sie die Vorlesungen gehört?

S: Klinkhammer, Melnikov, Mirlin

P: Erwähnt die Schrödinger Gleichung, sagt dass es da ja so eine Kontinuitätsgleichung gibt. Wie sieht die denn aus?

S: Hingeschrieben, inklusive dem zusätzlichen Term, falls man ein Vektorpotential hat (siehe Skript Schmalian).

P: Für was braucht man den zusätzlichen Term?

S: Damit der Strom eichinvariant ist.

P: Wie kann man jetzt diese Kontinuitätsgleichung interpretieren?

S: Man kann auf beiden Seiten integrieren und dann den Satz von Gauß anwenden. Dann sieht man, dass die Änderung der Wahrscheinlichkeit innerhalb eines Volumens gleich dem Strom aus dem Volumen entspricht.

P: Sagen wir, wir haben zwei Operatoren A und B. $[A,B] \neq 0$, aber $[A,H]=[B,H]=0$.

Was passiert da?

S: In dem Fall hat man Entartung. Denn:

$$H \psi = e \psi$$

$$A \psi = a \psi$$

Dann ist der Zustand $B \psi$ kein Eigenwert zu B (da A und B nicht vertauschen), aber der Zustand $B \psi$ hat dieselbe Energie wie ψ (sieht man, wenn man H auf $B \psi$ anwendet und berücksichtigt, dass H und B vertauschen). Also hat man zwei Zustände ψ und $B \psi$ mit der gleichen Energie, und damit Entartung.

P: Wie sieht das jetzt aus, wenn wir den $|100\rangle$ Zustand haben?

S: Das ist eine Ausnahme. L_x und L_z vertauschen nicht, vertauschen aber jeweils mit dem Hamiltonian. Trotzdem ist der $|100\rangle$ Zustand nicht entartet. Das liegt daran, dass $L_x |100\rangle = L_z |100\rangle = 0$ ist. Dann funktioniert nämlich der letzte Teil des Beweises nicht mehr. Denn $L_x |100\rangle$ ist kein neuer Zustand, sondern 0.

P: Sagen wir, wir haben einen Zustand in einem System, den ich auf ein anderes System kopieren möchte. Sie können entweder messen oder eine unitäre Operation durchführen. Geht das?

S: Ich hatte mir das glücklicherweise vorher mal angeschaut und konnte daher mit etwas Stocken einen Beweis hinbekommen und zeigen, dass das nicht geht. Den Beweis findet man auf Wikipedia unter "No-Cloning". Ich glaube aber, dass er gar nicht unbedingt davon ausging, dass man den Beweis hinbekommt, sondern er einfach sehen wollte, dass man sich Gedanken macht und wie man vorgeht.

P: Wir haben einen $|100\rangle$ Zustand im EM-Feld. Welche Übergänge sind möglich?

S: Das EM-Feld oszilliert und ist zeitabhängig, daher zeitabhängige Störungstheorie über Fermi's goldene Regel. Übergangsrate ist $\sim |\langle f|V|i\rangle|^2$, das Potential V ist bspw. im Falle eines elektrischen Feldes in z-Richtung $E \cdot z \cdot e$ (ohne Zeitabhängigkeit in Fermi's Goldener Regel). Hab dann über Wigner-Eckart gezeigt, dass $m=m'$ und $1 \leq l' \leq 1$, also $l'=1$ ist. Hab dann auch allgemein gesagt, dass $\Delta l = \pm 1$ gilt. Hier hatte ich erst etwas falsches gesagt, hab es dann aber irgendwann gemerkt und korrigiert. War auch kein Problem, er hat mir sehr viel Zeit gelassen, sodass ich mir das in Ruhe überlegen konnte.

P: Wir haben ein Teilchen in 2D im konstanten magnetischen Feld. Wie gehen Sie da vor?

S: Ich wähle bspw. $A=(-By,0,0)$ und sehe dann, dass es ein verschobener harmonischer Oszillator ist.

P: Können Sie das auch ohne eine Eichung zu wählen?

S: Schreibe den Hamiltonian mit kinematischen Impulsen Π_x und Π_y auf und fange an den Kommutator von Π_x und Π_y auszurechnen. (Siehe andere Protokolle für Details hierzu.)

P: OK alles klar, ich sehe dass Sie das können. Wie sieht denn dann das Energiespektrum aus?

S: $E = \hbar \omega (n+1/2)$, $\omega = 1/B$. Die genauen Koeffizienten für ω wollte er nicht wissen, nur das $1/B$ war ihm wichtig.

P: Wie sind denn die Landau-Niveaus entartet?

S: Bspw. k_x taucht nicht in Energie auf $\Rightarrow$ darin entartet.

P: Wie kann man jetzt abschätzen, wie oft die Zustände entartet sind?

S: Hab erst gesagt, dass die Verschiebung y_0 des HO abhängig von k_x ist und man darüber eine Ungleichung aufstellen kann (y_0 muss in den Grenzen des Systems liegen). Er wollte dann am Ende aber nur eine physikalische Interpretation: Die Landau-niveaus entsprechen klassisch Kreisbahnen, diese müssen in die Dimensionen des Systems passen.

P: Wir haben ein Teilchen in 2D mit $m=0$ und konstantem Magnetfeld in z-Richtung. Können Sie das auch mit der Dirac-Gleichung rechnen?

S: Schreibe Dirac-Gleichung in 2D auf für $m=0$ (in 2D sind die beiden auftretenden Matrizen α einfach gleich den Paulimatrizen x und y und β ist Paulimatrix z). Wenn man die Eigenwertgleichung jetzt quadriert (also quasi H nochmal anwendet), dann kommt man auf $c^2 (\vec{\sigma} \cdot \vec{\Pi})^2 \psi = E^2 \psi$. Hab dann gesagt, dass $(\vec{\sigma} \cdot \vec{\Pi})^2$ gleich $\vec{\Pi}^2$ ist. Er meinte aber, dass das nicht allgemein gilt; er hat mir dann als Hilfe folgende Identität genannt: $(\vec{a} \cdot \vec{\sigma})(\vec{b} \cdot \vec{\sigma}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + i(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{\sigma}$. In meinem Fall ist ja $\vec{a}=\vec{b}=\vec{\Pi}$. D.h. zu dem $\vec{\Pi}^2$, was ich schon genannt hatte, kommt ein Term $i(\vec{\Pi} \times \vec{\Pi}) \cdot \vec{\sigma}$ dazu. Habe dann angefangen den Term auszurechnen, er meinte dann aber ich solle raten. Hab dann auf das Magnetfeld B getippt und er meinte das stimmt. Dann war er auch zufrieden.

P: Wie sieht denn die Van-Der-Waals Zustandsgleichung aus?

$$(p + a/v^2)(v-b) = kT \text{ mit } v = V/N.$$

P: Wie kann man das physikalisch interpretieren?

S: Hab die Zustandsgleichung auf P umgestellt und gesagt, dass v durch die Anziehung der Teilchen und b durch die engliche Ausdehnung der Teilchen (sind nicht punktförmig) zustandekommt. b vergrößert den Druck, a verkleinert ihn.

P: Wie sehen denn die Isothermen aus?

S: Hab dann mehrere Isothermen eingezeichnet (findet man im Internet schnell) und gesagt, dass man unter einer kritischen Temperatur T_c einen Phasenübergang von Gas zu Flüssigkeit hat.