

Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Schmalian		
☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 22. Juni 2020	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D, E, F		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine Absprache mit dem Prüfer über Inhalt.
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Keine Absprache mit dem Prüfer über Literatur.
Verwendete Literatur/Skripte: Schmalian Skript D & F und Seinhauser Theo E
Dauer der Vorbereitung: 8 Wochen 2/3h pro Tag
Art der Vorbereitung: Zusammenfassung schreiben, reden & Protokolle abfragen
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: auf Verständniss seiner Standartfragen lernen

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Angenehm. Aufgrund von Corona konnte ich die Prüfung von daheim machen. Konnte die Prüfung teilweise indirekt in meine bevorzugte Richtung leiten.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er hilft einen auf den Richtigen Pfad zu kommen und setzt einen nicht unter Druck.
Kommentar zur Prüfung: Super entspannt und empfehlenswert.
Kommentar zur Benotung: einfacher als erwartet. 1,0
Die Schwierigkeit der Prüfung: auf das Wort Messung zu kommen

Die Fragen

Schmalian: S

Prüfling: P

Fragen:

S: Wie beschreibt man denn die Zeitentwicklung eines Zustandes in der Quantenmechanik.

P: Mit der Schrödinger-Gl. Hab dann die Schrödingergleichung hingeschrieben und die Wellenfunktion erklärt incl. Betragsquadrat als Wahrscheinlichkeitsdichte und Eichung mit Integralausdruck der Eichung.

S: Ist denn die Eichung über die Zeit erhalten?

P: Ja. Zeitentwicklungsoperator erklärt mit Unitarität und damit gezeigt: $1 = \langle \Psi | \Psi \rangle = \langle \Psi | U^*(t) U(t) | \Psi \rangle = \langle \Psi | \Psi \rangle$

S: Wie sieht denn so ein Zeitentwicklungsoperator explizit aus?

P: Für einen stationären Hamiltonian: $U(t) = \exp(-i/\hbar H t)$.

S: Was passiert denn bei einer Messung in der Quantenmechanik?

P: Der Zustand kollabiert und man bekommt eine Eigenfunktion der Messung mit dem entsprechenden Eichenwert

S: Wie sieht denn so ein Eigenwert aus?

P: Für den Hamiltonoperator ist die Energie ja der Eigenwert und man hat: $H | \Psi \rangle = E_n | \Psi \rangle$

S: Gut, was folgt denn aus dem Erhalt der Globalen Wahrscheinlichkeit?

P: Nach kurzem überlegen auf die Kontinuitätsgleichung gekommen und hingeschrieben.

S: Können Sie mir erklären was dieses ρ & j sind?

P: $\rho = |\Psi|^2$ und j prop. $i[\Psi \nabla \Psi^* - \Psi^* \nabla \Psi]$ hingeschrieben (wusste den genauen Vorfaktor nicht mehr).

S: Gut, drücken wir nun die Wellenfunktion mal durch eine allgemeine Komplexe Zahl aus $\Psi(x) = \exp(i\phi(x))$. Was sehen wir dann für den Strom?

P: war ziemlich verwirrt, hab dann nach kurzer zeit einfach die nablas ausgeführt und gesehen, dass $\phi(x)$ nicht 0 sein darf, falls wir einen Wahrscheinlichkeitsstrom haben wollen. Anscheinend wollte er genau das hören.

S: Und was passiert mit dem Strom wenn wir ein Feld anlegen?

P: Dann führen wir die minimale Kopplung aus, ersetzen also ∇ (als p) mit $\pi = (p - e/cA)$ und bekommen so $j' = j + e/cA|\Psi|^2$.

S: Gut, was passiert denn wenn man eine andere Eichung für das A nimmt?

P: Dann muss man Ψ auch transformieren, damit die Schrödingergleichung Invariant bleibt. $\Psi' = \Psi \exp(-i\int A dx)$ mit f skalare Funktion & $A' = A + \nabla f$.

S: Wie wird denn ein Teilchen in 2D im magnetfeld beschrieben?

P: $H = 1/2m[p - e/cA]^2$, Eichung gewählt $A = (-By, 0, 0)$...

S: Machen Sie das mal ohne Eichung, das können Sie auch.

P: Hamiltonian umgeschrieben zu $H = 1/2m[p_x^2 + p_y^2]$ & Hamiltonian vom Harmonischen Oszillator hingeschrieben.

$H = p^2/2m + m/2\omega^2 x^2$. Kommutator $[p_x, p_y] = \dots = i\hbar e/c B_z$ berechnet. Dieser ist konstant, verhält sich also wie der Kommutator von x und p , also verhält sich der hamiltonian auch gleich.

S: Welche Energien bekommt man denn dann raus?

P: $E_n = \hbar\omega(n + 1/2)$

S: Wissen Sie was für das ω rauskommt wenn man die Rechnung komplett ausführt?

P: $\omega = eB/(mc)$

S: Sehr gut. Können Sie mir das auch für ein relativistisches Teilchen ausführen?

P: Ja, dafür nimmt man dann die Dirac Gleichung - $H = a\pi + b\pi^2$ hingeschrieben und Eigenschaften von a und b erklärt. Da wir hier nur π haben und nicht π^2 untersucht man jetzt den Eigenwert von $H^2|\Psi\rangle = E^2|\Psi\rangle$. Hab einige Schritte übersprungen und dabei das mc^2 verloren.

S: Sie haben da ein bisschen zu schnell gerechnet. Machen Sie das nochmal explizit.

P: Eigenschaften von a und b genutzt um auf $H^2 = (\pi c)^2 + (mc^2)^2$ zu kommen $\rightarrow E^2 = \hbar^2\omega^2(n + 1/2) + (mc^2)^2$
 $\rightarrow E = \pm \sqrt{E^2}$. Positive Energien sind Teilchen, negative sind Antiteilchen.

S: Genau, hier ist ω aber keine Frequenz weil das ja mit den Einheiten nicht passen würde.

P: Jap, genau.

S: Können Sie mir was zum Stark-Effekt erklären?

P: Hab den Hamiltonian vom Stark-Effekt hingeschrieben $H_s = eEz$. Hatte aber nur noch die Rechnung für $eEz \exp(-i\omega t)$ im Kopf und hab so die Übergangsrate als Integralausdruck hingeschrieben.

S: Das ist aber nicht der Stark-Effekt, Sie haben da was Zeitabhängiges.

P: Ja stimmt, hatte den Hamiltonian $H_s = eEz \exp(-i\omega t)$ im Kopf.

S: Nicht schlimm, dann rechnen Sie mal damit weiter.

P: Hab dann das Integral für Unendliche Zeiten ausgeführt und rausbekommen $P_{nm} = 2\pi/\hbar \omega^2 t \delta(E_n - E_m - \hbar\omega)$. Damit kann man nun bestimmen welche Übergänge Möglich sind: $m = m'$ und $l = l' + (2n + 1)$.

S: Können Sie mir zeigen, dass dies gilt?

P: $0 = \langle n, l | [L_z, z] | n', l' \rangle = \langle n, l | (m - m') z | n', l' \rangle \rightarrow m = m'$. Für $l = l' + (2n + 1)$ hab ich erst selbes mit $[P, z] = 0$ machen wollen.

S: Rechnen Sie den Kommutator mal explizit aus.

P: Etwas verwirrt ausgerechnet und dann gesehen, dass dieser nicht 0 ist. Hab dann gesehen, dass der Antikommutator 0 ist und damit weiter gerechnet und $l = l' + (2n + 1)$ gezeigt.

S: Wie könnte man denn ein Experiment entwerfen, in dem m nicht mehr fest ist?

P: Man muss ein elektrisches Feld in eine andere Richtung anlegen.

S: Wie legt man denn eine andere Richtung fest, wenn man sich im isotropen Raum befindet?

P: War erstmal recht lange verwirrt und bin dann irgendwann drauf gekommen, dass die Vorzugsrichtung durch die Messung festgelegt wird. (Er wollte anscheinend nur das Wort Messung hören)

S: Sehr gut. Können Sie mir jetzt noch was über die Bose-Einstein Kondensation erzählen.

P: Das ist die makroskopische Besetzung des Grundzustandes eines Bosegases. Beschrieben wird das durch die Ungleichung: $N_0/\langle N \rangle > 0$ für $\langle N \rangle \rightarrow \infty$. Hab dann noch im Schnelldurchlauf die Kritische Temperatur hergeleitet.

S: Das ging mir jetzt alles ein bisschen schnell, aber die Zeit ist ja auch schon fast um. Wie sieht denn das chemische Potential für tiefe Temperaturen aus?

P: Unter T_c ist es 0, darüber wird es dann kontinuierlich negativ.

S: Richtig. Das wars dann mit der Prüfung.