Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Schmalian

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 17. Dezember 2020	Fachsemester: 7
--	--------------------------	-----------------

Welche Vorlesungen wurden geprüft? TheoD, E, Fab
--

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? TheoFa, TheoFb
--

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
--

Verwendete Literatur/Skripte: J.J. Sakurai: Modern Quantum Mechanics (ein wirklich sehr gutes Buch, vielleicht aber bisschen zu theoretisch für Prüfung bei Schmalian), Schmalian Skript zu TheoD und TheoF, Zeppenfeld Skript zu Theo E (nur relativistische QM)

Dauer der Vorbereitung: 10-12 Wochen, aber am Anfang sehr entspannt (weil viel Ablenkung)

Art der Vorbereitung: Durcharbeiten vom Sakurau (alles bis auf Streuung), ist vielleicht nicht ganz so zu empfehlen, da das sehr sehr viel ist. Durcharbeiten von Schmalian TheoF Skript. Viele Fragen mit Kommilitonen geklärt und gegenseitig Protokolle abgefragt. Wir waren eine vierer Gruppe. Viel größer sollte eure Gruppe nicht sein. Vorbereitung hat sich durch Corona Situation sehr hingezogen, da keine wirklichen Lernräume und Lernmöglichkeiten zur Verfügung standen.

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Es sollte alles verstanden sein, was man lernt. Schmalian legt häufig mehr Wert auf Verständnis als auf Mathematik (z.B. Wigner-Eckert Theorem ist ihm zu mathematisch). Deswegen sollte man auch immer über die physikalische Bedeutung reden und sich physikalische Begründungen überlegen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Prüfung war online via Zoom, was aber im Nachhinein kein wirkliches Problem war. Schmalian schafft es trotzdem, eine Prüfungsatmosphäre herzustellen. Prüfung an sich ist eher ein Gespräch, als ein Abfragen von Fragen. Schmalian möchte, dass man was aus der Prüfung mitnimmt und nicht einfach sein gelerntes auskotzt. Prüfer ist sehr zu empfehlen!

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er lässt einen auch mal in eine andere Richtung laufen (ich bin zum Beispiel nicht direkt auf die Landau-Niveaus gekommen), greift aber ein, wenn es zu weit geht.

Kommentar zur Prüfung: Sehr angenehme Prüfung. Prüfung beim Schmalian ist auch zu empfehlen, wenn sie online stattfindet.

Kommentar zur Benotung: 1.0

Die Schwierigkeit der Prüfung: Schmalian fragt zwar meistens dieselben Themen ab, aber fragt nicht direkt nach den Schlagwörtern, sondern verpackt es meist in physikalische Gegebenheiten. Er fragt zum Beispiel nicht direkt nach Landau-Niveaus oder Fermis goldenen Regel.
--

Die Fragen

S: Schmalian

I: Ich

S: Bei wem haben Sie die Vorlesungen gehört?

I: TheoD Nierste, TheoE Zeppenfeld, TheoFab Schmalian

S: Fangen wir mit dem Stern-Gerlach Versuch an. Was können sie mir dazu erklären?

I: Aufbau erklärt: Ofen mit Gold-Atomen, dahinter Messapparaturen mit inhomogenen B-Feldern in verschiedenen Richtungen, Messung ist Filterprozess, der physikalischen Zustand verändert

S: verschiedene Szenarien: 1. nur S_z Messung 2. S_z Messung und schließlich S_x 3. S_z , S_x , S_z Messung und jeweils wird ein Ausgangsstrahl blockiert.

I: erwartete Ergebnisse erklärt (sehr gut erklärt im Sakurai in den ersten Kapiteln), Zusammensetzungen der verschiedenen Zustände mithilfe der Zerlegung in S_x bzw. S_z Basis gezeigt, Messung wird dann durch Projektionsoperator beschrieben

S: Messung an sich ist nicht reversibel, wie ist das mit der Schrödingergleichung zu erklären?

I: Projektionsoperator an sich nicht invertierbar, projiziert den Zustand in Unterraum, kann dann nicht zurückgeführt werden auf Ausgangszustand. Wenn man die Messapparatur an sich mit in den Hamiltonian einfließen lassen würde, wäre Prozess durch unitäre Zeitentwicklung beschrieben und somit reversibel.

S: Hat dann noch eigene Gedanken angefügt: Spin-Hamiltonian nur Teil des ganzen Hamiltonians und somit kann der an sich nicht den ganzen Prozess beschreiben. Wir betrachten somit nur ein Subsystem. Er glaubt aber daran, dass die Hamiltongleichung an sich gilt und somit im globalen System auch Zeitumkehr zulässig sein muss.

S: Nichtrelativistisches spinloses Teilchen im homogenen B-Feld, wie sieht denn der Hamiltonian und das Spektrum aus?

I: Irgendwie hat mich in der Prüfung das Wort „spinlos“ bisschen verwirrt und hab dadurch nicht direkt an Landau-Niveaus gedacht. Hab dann erstmal mit dem normalen Hamiltonian gestartet und durch minimale Substitution das B-Feld eingeführt. Mit Eichung $A=1/2Bx$ kam ich auf den Term der Drehimpuls-B-Feld Kopplung und einem A^2 Term. ($H=P^2/2m + e^2A^2/2m - e/2m B \cdot L$). Zur Lösung hab ich kurz überlegt, zu Kugelflächenfunktionen zu gehen. Aber hab mir zuerst Rotationssymmetrie angeschaut und kam dann durch kleinen Hinweis von Schmalian darauf, dass mit $B=B_z$ und $[L, z^2] \neq 0$ und somit $[L, A^2] \neq 0$. Also Kugelfläche keine gute Idee...

S: Dann erlöse ich sie mal, Problem einfacher lösbar durch Landau Niveaus (in dem Moment ging mir dann auch ein Licht auf). Da sie aber bis hier keinen Fehler gemacht haben, hab ich sie laufen gelassen. In einer ruhigen Minute muss ich (Schmalian) mir mal überlegen, ob man das Problem auch so lösen kann, wie sie das hier machen wollten. Aber rechnen sie mal lieber jetzt die Landau Niveaus aus.

I: War dann erleichtert, dass ich die Landau-Niveaus errechnen konnte. Hab das ohne bestimmte Eichung durch Kommutatorrelation gemacht und kam dann auf $E = \hbar \omega(n + \frac{1}{2}) + P_z^2/2m$

S: Wie sieht denn die Entartung aus?

I: Kurz skizziert, dass in finitem Volumen Impulszustände quantisiert und nicht kontinuierlich sind. Landau-Niveaus als konzentrische Kreise in p_x, p_y Phasenraumfläche eingezeichnet und gemeint, dass nur Zustände erlaubt sind, die auf diesen Kreisen liegen. Quantitativ gezeigt, dass Hamiltonian dem H_0 mit verschobener Ruhelage x_0 entspricht. Durch Bedingung $0 < x_0 < L$ und $x_0 \sim p_y$ und Quantisierung von p_y Entartung abgeschätzt.

S: Wie können sie sich denn die Proportionalitätskonstante von x_0 und p_y physikalisch überlegen?

I: Wusste nicht ganz so genau weiter...

S: In QM ist Fluss quantisiert: $\Phi = M * \Phi_0$, mit $\Phi_0 = h/e$. Fluss gegeben durch Fläche $\cdot B = L^2 \cdot B$ -> Konstante muss B sein. (Ich hab selbst die Verbindung auch nicht so ganz gesehen, hab aber freundlich genickt und gedacht, dass es da bestimmt eine Verbindung geben muss...)

S: Kennen sie den Aharonov-Bohm Effekt?

I: Aufbau beschrieben, A-Feld in Abhängigkeit von r skizziert, Bedingung von Stetigkeit von A (damit B nicht divergiert) -> außerhalb des Sollenoids $A=0$ -> Phasenverschiebung, Phase durch Analogie von Eichung bestimmt. Phasendifferenz von oberen und unteren Weg ergibt $\Delta \Phi \sim$ Fluss (schaut euch das einfach in seinem Skript an)

S: Sehr gut, hier kommt auch der quantisierte Fluss wieder vor. Wie würden sie ein Wasserstoffatom berechnen, das sich in einem oszillierenden E-Feld befindet?

I: $H = H_0 + V(t)$ mit $V(t) = e^{-i\omega t} * (-e) \text{vec}(E) \cdot \text{vec}(r)$, hier war ihm wichtig, dass der allgemeine Fall betrachtet wird mit $\text{vec}(r)$ und nicht $E \cdot z$. 1. Ordnung Störungstheorie hingeschrieben und gezeigt, dass w der Störung zu w_{ni} hinzugefügt werden kann. Dann direkt Fermis goldene Regel hingeschrieben und auf Matrixelement eingegangen. Physikalisch Übergangsregel bestimmt ($l' = l \pm 1$ da Photon von E-Feld Spin 1 hat und Spinerhaltung gilt). $m' = m$ bei $E \cdot r = E \cdot z$ da meine Quantisierungsachse auch in z gewählt wird.

S: Gehen sie nochmal genauer auf Quantisierungsachse und E-Feld ein, da ja eigentlich unser System rotationssymmetrisch ist.

I: Bei Quantisierungsachse $\neq$ Achse von E-Feld -> $m' = m \pm 1$ Übergänge möglich. Quantisierungsachse bestimmt durch Experimentator, der den Spin des Elektrons misst -> Verbindung zum Stern-Gerlach-Versuch

S: Ok gut, dann jetzt noch schnell Statistische Mechanik. Ich gebe ihm jetzt einen Hamiltonian, der die Summe aus kommutierenden Einteilchenhamiltonians ist. Energiespektrum des Einteilchens ist $E_n = \Delta \cdot \log(n)$ mit $n=1,2,\dots$. Was ist die Zustandssumme?

I: Da H_i kommutieren $\rightarrow Z_N = (Z_1)^N$ und $Z_1 = \sum_n e^{(-\beta \cdot \Delta \cdot \log(n))} = \sum_n n^{(-\beta \cdot \Delta)}$

$\rightarrow$ Reihe konvergiert nur für $\beta \cdot \Delta > 1 \rightarrow$ Es gibt obere Schranke für Temperatur ($T < \Delta/k_B$).

Obere Schranke kommt daher, dass Energiespektrum bei hohen Energien immer mehr Zustände besitzt (Energiespektrum ist unendlich) und es daher fast unendlich viele besetzbare Zustände in kleinem Energiebereich gibt.

Kann auch durch Divergenz der Wärmekapazität bei hohen Temperaturen gezeigt werden: für endliche Temperatur bei hohen Temperaturen wird unendlich viel Energie benötigt.

S: hat sich ganz kurz mit Beisitzer über Skype beraten und mir dann die Note gegeben und anschließend noch ein paar freundliche Bemerkungen gegeben. Schmalian ist wirklich ein total netter Prüfer!