Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Shnirman		
⊗ BP ◯ NP ◯ SF ◯ EF ◯ NF ◯ LA	Datum: 25. April 2023	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D, Theo E, Theo Fa		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo D		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Theo D: Skript von Prof. Shnirman (SS22), Griffiths und Sakurai Theo E: Vorlesungsaufschrieb von Prof. Heinrich, Sakurai Theo Fa: Vorlesungsaufschrieb von Prof. Garst, Skript von Prof. Shnirman (WS 17/18)
Dauer der Vorbereitung: 12 Wochen mit einigen Wochen Pause dazwischen
Art der Vorbereitung: Unter den Semestern Vorlesungen zusammengefasst. Anschließend alle Protokolle aleine durchgearbeitet und zusammengefasst, potentielle Fragen in der Lerngruppe beantwortet. 1-2 Wochen vorher dann in Gruppen Prüfungen simuliert.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Schaut euch vor allem die Protokolle an. Professor Shnirman hat einen gewissen Aufgabenpool, auf den er immer wieder zurückgreift. Wenn man also alle Protokolle durchgearbeitet hat, kann man kaum noch überrascht werden. Dabei sind neben dem Verständnis vor allem die Ansätze bei den Herleitungen wichtig, die Rechnungen explizit will er dann häufig gar nicht mehr sehen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Die Prüfung findet mit Papier und Stift statt. Der Anfang lief recht stockend, da er nicht mit seiner Standardfrage aus den Altprotokollen begonnen hat. Danach lief aber alles sehr flüssig und wir waren schon nach 40min fertig.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Bleibt ruhig und gibt Tipps bis man verstanden hat worauf er hinaus will. Generell ist Prof. Shnirman sehr zu empfehlen.
Kommentar zur Prüfung: Tipptopp
Kommentar zur Benotung: 1.0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Sich nicht verunsichern lassen, wenn der Anfang nicht wie geplant ist.

Die Fragen

P: Prüfer
I: Ich

h=hquer
w=omega
P: Schrödingergleichung für ein Spin 1/2 Teilchen im Magnetfeld
I: Habe zuerst die normale SG hingeschrieben, wie es in seinen Prüfungen sonst üblich ist. Weil man damit aber ja keine Wechselwirkung mit dem Magnetfeld beschreiben kann, habe ich anschließend mit der Pauligleichung angesetzt.
Direkt unterbrochen worden
P: Der orbitale Teil interessiert mich nicht. Wie sieht die WW für den Spin aus?
I: Schreibe nur den hinteren Teil der Pauligleichung auf, welcher die WW mit dem Spin beschreibt. War dann das, was er sehen wollte.
P: Angenommen das B Feld zeigt zunächst in z Richtung und das Teilchen befindet sich im Grundzustand. Jetzt zeigt das B Feld in x Richtung. Was passiert?
I: Diagonalisierung des Hamiltonians, also effektiv von sigma_x. Darstellung des Anfangszustandes (Spin UP) in der neuen Basis.
P: Wie entwickelt sich der Zustand mit der Zeit?
I: Zeitentwicklungsoperator auf den Zustand angewendet und hingeschrieben
P: Was bedeutet das jetzt physikalisch?
I: Oszillation zwischen Spin UP und Spin Down (analog zum Stark Effekt, könnt ihr gut in den Protokollen nacharbeiten)
P: Was machen Sie, wenn der Hamiltonian jetzt nicht explizit zeitunabhängig ist.
I: Psi(t)=U(t)Psi(0) in SG einsetzen, Psi(0) auf beiden Seiten wegkürzen, integrieren und Dyson-Reihe anwenden, also iterativ einsetzen -> Exponentialform des Zeitentwicklungsoperators hingeschrieben und Zeitordnungsoperator erklärt
P: Angenommen H verändert sich jetzt langsam in der Zeit, z.B. weil sich das B-Feld langsam mit der Zeit ändert oder dreht
I: Adiabatennäherung: Zustand bleibt die ganze Zeit im "gleichen" Eigenzustand des Hamiltonians, der sich natürlich aber zeitlich ändert. Hat ihm schon gereicht.
P: Kommen wir zum Wasserstoffatom. Hamiltonian?
I: Relativkoordinaten?
P: Ja
I: Hingeschrieben und erklärt was die reduzierte Masse und die Kernladungszahl Z ist.
P: Welche Zustände beschreiben wir damit?
I: War erst ein bisschen verwirrt, habe dann |nlm> hingeschrieben und was zum CSCO gesagt (wollte eigen auf gebundene Zustände hinaus)
P: CSCO, was heißt das?
I: Complete Set of Commutating Observables
P: Warum genau H, L^2, L_i? Überzeugen Sie mich, dass Sie auch L_x nehmen können.
I: Habe den Hamiltonian in einen Radialteil und einen Teil mit L^2 umgeschrieben und gesagt, dass L^2 mit jeder Komponente von L kommutiert. Dann explizit in kartesischen Koordinaten ausgerechnet und über die Antisymmetrie von Levi Civita argumentiert, dass [L_i, V(r)]=0. Hat ihm gereicht.
P: Was ist mit Zuständen E>0?
I: Streuzustände
P: Gut. Machen wir weiter mit Stark Effekt.
I: Störungstheorie: H = H_0 + eEz, Unterscheidung zwischen quadratischem Stark Effekt im GZ und linearen Stark Effekt für z.B. n=2. Im GZ liegt keine Entartung vor.
P: Wieso? Haben doch Spin
I: Kommutiert aber mit Störung, kann also vernachlässigt werden.
P: Gut
I: Im GZ verschwindet wegen den Auswahlregeln die erste Ordnung der Energiekorrektur, brauchen deswegen zweite Ordnung, die proportional zu E^2 ist.
P: Auswahlregeln
I: Hergeleitet über [L_z,z]=0, PzP=-z, P|lm>=(-1)^l|lm> und Wigner Eckart
P: Was ist mit n=2? Schreiben Sie mal die Zustände hin
I: Getan und Vorgehen entarteter Störungstheorie (Diagonalisierung) erläutert
P: Sie sind zu Beginn in Zustand |200> und das E Feld wird plötzlich eingeschaltet. Was passiert?
I: Sudden Approximation. Entwicklung des Zustanden in neuer Basis. Angefangen mit der Zeitentwicklung, dann gemerkt dass ich das am Anfang mit dem Spin ja schon gemacht habe und auf die Oszillation verwiesen
P: Hätten Sie das auch mit zeitabhängiger Störungstheorie machen können.
I: Ja, indem wir Fermis Goldene Regel für kleine Zeiten entwickeln.
P: Können Sie Fermis Goldene Regel hier anwenden?
I: Nein, da kein Kontinuum vorliegt.
P: Genau. Sie entwickeln die Übergangsamplitude für kleine Zeiten, nicht Fermis Goldene Regel. Angenommen Sie haben jetzt einen harmonischen Oszillator im GZ, suchen Sie sich eine Störung aus, die spontan eingeschaltet und später wieder ausgeschaltet wird. Was machen Sie?

I: Term für Übergangsamplitude in erster Ordnung aufgeschrieben und erläutert. Dann gemeint, dass man die Störung einsetzen muss. (Habe vergessen, dass ich mir eine ausdenken sollte)
P: Nehmen wir als Störung x^2p^2. Haben Sie einen Übergang von |0> nach |8>?
I: Habe x und p durch Auf- und Absteigeoperatoren geschrieben. Da wir maximal vier Aufsteigeoperatoren haben reicht erste Ordnung nicht aus. Habe also zweite Ordnung aufgeschrieben, diese kurz erläutert (Summe über n greift nur n=4 heraus, da wir ja anschließend von |4> nach |8> wollen) und dann gemeint, dass der Übergang dann möglich ist.
P: Was ist für den Übergang nach |9>?
I: Dritte Ordnung Störungstheorie, damit sollte es passen
P: Sicher?
I: Ja
P: Nein (lacht)
I: Ahh, weil wir durch die Störung ja immer nur in gerade Zustände übergehen können.
P: Gehen wir über zur relativistischen QM. Dirac Gleichung in ursprünglicher Form
I: Ansatz von Dirac hingeschrieben und erläutert, wie man durch relativistische Energie Impuls Beziehun auf Clifford Algebra usw kommt
P: Welche Dimension haben die Matrizen?
I: 4x4, kurz erläutert über tr(alpha)=tr(beta)=0 und alpha^2=beta^2=1, dass die Ordnung der Matrizen gerade sein muss. N=2 geht nicht, weil wir nur drei antikommutierende Matrizen mit den Pauli Matrizen haben und wir wegen der Clifford Algebra vier brauchen. N=6 würde aber auch gehen.
P: Was ist, wenn wir nur in einer eindimensionalen oder zweidimensionalen Welt leben würden.
I: Wusste erst nicht, was er meinte
P: Dann hat der im Impuls im Ansatz ja auch nur eine bzw. zwei Komponenten
I: Ahh, dann brauchen wir durch die Clifford Algebra nur zwei bzw. drei antikommutierende Matrizen, es reichen also die Pauli Matrizen
P: Sehr gut. Dirac Gleichung in kovarianter Form
I: Hingeschrieben
P: Transformationsverhalten der einzelnen Größen erklären
I: Ableitung transformiert wie 4er-Vektor, Gammamatrizen transformieren nicht wegen Forminvarianz, Psi ist vierkomponentiger Spinor, der unter einer linearen Abbildung Psi'(x')=S(Lambda)Psi(x). Bestimmu für S kann über Vergleich im gestrichenen und ungestrichenen System der Diracgleichung hergeleitet werden
P: Was passiert im em Feld?
I: Minimale Kopplung hingeschrieben und eASlash in Diracgleichung ergänzt
P: Was erhält man im nichtrelativistischen Grenzfall?
I: Pauligleichung -> hingeschrieben und Herleitung grob erklärt, bin vor allem darauf eingegangen, dass es sich bei Phi um einen zweikompentigen Spinor handelt, der das Elektron beschreibt
P: Antiteilchen?
I: Masse in der Pauligleichung umdrehen. Physikalisch nicht so sinnvoll, deswegen Feynman Stückelberg erklärt
P: Das würden Teilchenphysiker so sagen. In TKM sind auch negative Massen sinnvoll -> Löchertheorie (lacht)
Was erhalten Sie in höherer Entwicklung der Diracgleichung?
I: Feinstruktur
P: Welche Beitrag kennen Sie?
I: p^4 Korrektur wegen relativistischer Energie Impuls Beziehung, Spin Bahn Kopplung, Darwin Term
P: Kommen wir zur statischen Physik. Welche drei Ensemble kennen Sie und erklären Sie die Ideen
I: Mikrokanonisches Ensemble: Zustände mit fester Energie, Volumen und Teilchenzahl
P: Haben die Zustände alle die gleiche Energie? Wir haben ja nicht zwingend eine Entartung.
I: Nein, die feste Energie ist nur über ein Intervall [E,E+dE] festgelegt
P: Können Sie die Dichtematrix aufschreiben
I: Getan. Im kanonischen haben wir jetzt eine Kopplung an ein Wärmebad. Es ist also U, V und N konstant
P: Angenommen Sie betrachten das System und das Wärmebad als ein System. Was können Sie dann machen?
I: Man kann das Gesamtystem (System+Bad) mikrokanonisch betrachten und damit die Wahrscheinlichkeiten des kanonischen Ensembles berechnen. Herleitung aufgeschrieben analog zum Shnirman Skript und erklärt warum man das so machen kann. Hat ihm glaube ich ganz gut gefallen.
P: Angenommen wir haben jetzt ein großkanonisches Ensemble für ein Bosegas. Wie gehen Sie vor?
I: Übergang zur Besetzungszahlendarstellung (an dieser Stelle haben wir kurz über den Unterschied zwisc Vielteilchen und Einteilchenzustände geredet) und Zustandssumme über Spur ausgerechnet -> Produktsumme über Einteilchenzustände -> Anschließend kann man aus Z das großkanonische Potential berechnen.
P: Alles klar, das reicht schon. Gehen Sie kurz vor die Tür.
Wurde dann nach circa 10 Sekunden wieder reingeholt.