Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Shnirman		
⊗ BP ○ NP ○ SF ○ EF ○ NF ○ LA	Datum: 19. März 2024	Fachsemester: 11
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D, Theo E, Theo Fa (VL des alten Prüfungssystems, Prüfung nach neuem System)		
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: Shnirman, Metelman, Mühleitner, Cohen Tanoudji Theo E: Steinhauser, Melnikov Theo Fa: Schamlian, Schwabl (BEK) Schaut euch am Anfang die vorhandenen Materialien an und überlegt euch welche euch am Besten liegen und welche ihr ganz lesen wollt und welche als Nachschlagewerk verwenden.
Dauer der Vorbereitung: 3 Wochen ~ 6 Stunden am Tag
Art der Vorbereitung: Zu zweit Schwerpunktsthemen erarbeitet, am Wochenende Skripte von vorne bis hinten durch, sehr wichtig für die Gesamtübersicht, Protokolle abfragen lassen von Lernpartner und Menschen die die Prüfung noch machen wollen, Protokolle abgefragt, restlichen Protokolle gelesen zur Überprüfung ob Themen übersehen wurden.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Diskutiert und lasst euch Rückfragen stellen, gerade wenn beide am Lernen sind fallen so schnell Wissenlücken auf. Übt das Rechnen, in der Prüfung ist nicht viel Zeit dafür.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Angenehm, wurde nett begrüßt, saß zwischen Protokollant und Prüfer am Tisch mit Zettel und Stift.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hat sie erneut gestellt, umformuliert oder mich erzählen lassen und mich dann daraufhin gewiesen, wenn ich sie beantwortet habe.
Kommentar zur Prüfung: Zu empfehlen. Gut machbar auch ohne übermäßigen Zeitaufwand.
Kommentar zur Benotung: 1.0 Super zufrieden :D
Die Schwierigkeit der Prüfung: Manchmal war mir unklar worauf er hinauswill, aber da er damit super umgegangen ist hat es zu keinen größeren Problemen geführt.

Die Fragen

P: Prüfer
I: Ich
h = hquer
P: Wir fangen mit der zeitabhängigen Schrödingergleichung an.

I: Zeitabhängigen Schrödingergleichung hingeschrieben. H ist der Hamiltonoperator, der uns die Energien gibt, Psi ist ein Wellenvektor aus dem komplexen Hilbert-Raum der quadratintegrablen Funktionen.

P: Ist Psi immer Teil des L2 Hilbertraums?

I: In diesem Fall ja, da wir uns diesen Raum ausgesucht haben, bei der Dirac Gleichung werden aber bspw. Spinoren verwendet.

P: Ja, also gibt es verschiedenen Räume. Sie haben ja erwähnt, das H hermitesch ist? (Hatte ich nicht) Wie ist das definiert?

I: <phi|H^+|psi> = (<psi|H|phi>)* Wenn H = H^+ ist H selbst adjungiert und hermitesch. Dagger heißt transponiert und komplex konjugiert.

P: Überzeugen sie mich, dass p hermitesch ist.

I: P eingesetzt, und partielle Integration verwendet, da Psi ein Teil von L2 ist verschwinden die Welle im Unendlichen.

P: Gut, kommen wir zu Wellenpaketen.

I: psi = 1/sqr(2pi) int dk g(k) e^(i(kx-wt))

P: Ist w unabhängig von k?

I: Nein, zu sehen über die Energie hw = E = p^2/2m, p = hk, nach w aufgelöst.

P: Welchen Hamilton haben sie verwendet?

I: p^2/2m

P: Also freies Teilchen. Warum brauchen wir Wellenpakten?

I: Wir bekommen die Eigenfunktionen aus dem Hamiltonoperator. Aber das sind nur einzelne Lösungen. Um alle zu bekommen brauchen wir auch die Überlagerung, also Wellenpakte.

P: Sind auch die Eigenfunktionen gute Lösungen?

I: Die müssen noch normiert werden.

P: Sind sie normierbar?

I: Nein.

P: Genau, was ist der Ort eines Wellenpakets?

I: Der Schwerpunkt des Wellenpakets? Das Wellenpakte ist schließlich ausgedehnt. g(k) = |g(k)| e^ia(k), a(k) kann entwickelt werden a(k) = a(k0) + da/dk|k= k0 (k-k0) (Faktor k-k0 hatte ich erst vergessen.) x0 = - da/dk|k= k0.

P: Was ist k0?

I: Ich k zum Zeitpunkt t0. (Falsch)

P: Bewegt sich die Welle im k Raum?

I: Nein, da g(k) zeitunabhängig ist.

P: Was wird typischerweise für g(k) gewählt?

I: Gaußfunktion.

P: Zeichnen sie die bitte, was sind die Achsen?

I: y-Achse g(k), x-Achse k

P: g(k) ist komplex, deswegen ist |g(k)| auf der y-Achse, was ist jetzt k0

I: Der Punkt des Wellenpaketes im k-Raum.

P: Genau, nicht k zum Zeitpunkt k0.

I: e-Funktion umgeschrieben mit Faktor (x-x0)(k-k0)

P: Ich bin nicht überzeugt erklären sie es mir.

I: Wenig Ahnung , schwammige Antwort mit viel Verweis auf die Rechnung.

P: Erwähnt Dispersionsrelation und fragt ob immer oszilliert wird.

I: Ich erwähne Phasen- und Gruppengeschwindigkeit.

P: Nein, da wollen sie etwas anderes machen. Erklärt die Bedingung der stationären Phase und das bei x=x0 die Oszillation wegfällt.

I: Formuliere die Erklärung in seinen Worten.

P: Okay, machen wir weiter mit dem Wasserstoffatom.

I: Hamiltonian in nicht Relativkoordinaten.

P: Bitte im Schwerpunktskoordinatensystem.

I: Umgeschrieben.

P: Lassen wir die Schwerpunktsbewegung weg. Wie berechnen sie die Eigenfunktionen?

I: Wir schreiben den Laplaceoperator in Kugelkoordinaten um. Diesen aufgeschrieben.

P: Warum?

I: Kugelsymmetrisches System.

P: Was für Erhaltungsgrößen haben wir hier?

I: Drehimpuls => Rotationssymmetrie, Energie => Invarianz der Zeittranslation.

P: Sind Lx und Ly auch erhalten?

I: Ja.

P: Was ist ein System vollständig kommutierender Observablen?

I: Ein System in dem alle Operatoren miteinander kommutieren und die Quantenzahlen jeden Eigenzustand eindeutig beschreiben.

P: Wie können sie zeigen, dass Operatoren zeitunabhängig sind? Ich möchte zwei antworten im Heisenberg und im Schrödingerbild.
I: Ehrenfesttheorem und ih d/dt Oh = [O,H] + d/dtOs, die letzte Formel musste ich herleiten. (s Schrödi h Heisenbergbild)
P: Was ist jetzt das Spektrum?
I: Die Wellenfunktionen sind gegeben durch n,l,m.
P: Spektrum sind die Energien.
I: En = -Ry/n^2 mit Z^2 ist aber hier 1.
P: Was ist die Entartung?
I: Hier n^2 mit Spin 2n^2.
P: Okay, wie können wir die Entartung aufheben?
I: Mit elektrischem oder magnetischem Feld, Stark- oder Zeeman-Effekt und Feinstruktur und Hyperfeinstr
P: Machen wir Starkeffekt okay?
I: Ja, H = H0 + V, V = eEz
P: Was ist mit dem Spin?
I: Können wir getrennt betrachten.
P: Lassen wir den Spin weg. Können wir auch unser E-Feld mit 33,3 Grad wählen?
I: Ja, dann definiere ich z' in der Richtung.
P: Wir bleiben bei z. Was ist mit einer plötzlichen Störung?
I: Wir verwenden jetzt die zeitabhängige Störungstheorie
P: Könnten sie schon machen, ist aber unnötig kompliziert, gibt es nicht einen einfacheren Weg?
I: Ja, wir können auch unsere Matrix zur entarteten Störungstheorie aufstellen.
P: Müssen wir da alle Matrixelemente berechnen
I: Nein wir können Auswahlregeln herleiten über [Lz,z] = 0 m=m' und PzP = -z l+l' ungerade, und Wigner-Theorem l=l'+-1
P: Was ist T im Wigner Eckert Theorem?
I: Ein irreduzibler sphärischer Tensor
P: Und konkret?
I: Unsere Operatoren
P: Ist T eine Matrix?
I: Ja (Ist im Allgemeinen nicht richtig, Jede Matrix ist ein Tensor, aber nicht jeder Tensor eine Matri
I: Matrix zur entarteten Störungstheorie in 4x4 hingeschrieben.
P: Was sind denn die Zustände?
I: |2,0,0>, |2,1,-1>, |2,1,0>, |2,1,-1>
P: Davon können wir ja zwei weglassen. Nur noch |2,0,0>, |2,1,0>.
I: 2x2 Matrix [0, Delta, Delta 0] Determinante berechnet von [-lambda, Delta, Delta -lambda] => eigenwe +- Delta.
P: Wir sind im Eigenzustand |2,0,0>. Was passiert dann?
I: |2,0,0> = $\frac{1}{2}$ (|2,0,0>+|2,1,0> + |2,0,0> - |2,1,0>) plus Zeitentwicklungsoperator e^(-i+/- delta t/h)
P: Jetzt zeitabhängige Störungstheorie.
I: |Psi,t>i = e^(iH0t/h) |Psi,t>s (Erst H statt H0 geschrieben, s schrödingerbild, i wechselwirkungsbil
P: Welche Formel wollen wir hier verwenden?
I: ihd/dt |Psi,t>i = Vi(t) |Psi,t>i
P: Was ist der Zeitentwicklungsoperator?
I: e^(iH0t/h)
P: Sind sie sicher?
I: Man kann die Wellenfunktion entwickeln in dem man die Schrödingergleichung integriert und kommt auf eine rekursive Bedingung in die man einsetzen kann => Dysonreihe
P: Was ist mit der 2035. Ordnung?
I: Angefangen spezifisch aufzuschreiben
P: Das wollen sie jetzt wirklich machen?
I: Ja, sonst ist es ja nicht nur die 2035. Ordnung
P: Wie sieht es den kompakt aus?
I: |Psi,t>i = T * e^(1/ich int_to^t dt' Vi(t')) |Psi,t0>i (erst faktor 1/ih vergessen)
P: Das ist die Zeitentwicklung. Machen wir weiter mit der Diracgleichung.
I: (ih gamma^mu del_mu -mc)Psi = 0
P: Wie transformiert Psi?
I: Psi'(x') = S(Lambda) Psi(x)
P: Welche Größen transformieren nur mit Lambda?
I: x und die ableitung
P: Was ist S?
I: Eine unitäre Matrix.
P: Was ist die Bedingung für S?
I: S(Lambda)gamma^mu S(Lambda)^-1 = Lambda^mu_nu gamma^nu

P: Wie sieht es hier mit minimaler Kopplung aus?
I: p^mu = p^mu - eA^mu, A^mu = (phi/c, -A)
P: Jetzt sind die Indices aber oben
I: Es geht auch mit del_mu = del_mu + ie/h A_mu
P: Wie sieht jetzt A_mu aus?
I: Die Vorzeichen ändern sich.
P: Alle?
I: Nein nur die vor A
P: Auf welche Gleichung kommen wir jetzt, wenn wir nähern?
I: Pauligleichung und direkt mit minimaler Kopplung aufgeschrieben
P: Was ist der Landé Faktor?
I: g in der Gleichung. Er ist ungefähr zwei?
P: Auch hier ungefähr zwei?
I: Nein, hier exakt zwei.
P: Was ist an der zwei so besonders?
I: Herleitung des paramagnetischen Terms aus der minimalen Kopplung mit A = $\frac{1}{2}$ (rxB) und L = rxp und Coulomb Eichung nabla x A = 0
P: Was ist phi?
I: Ein Bispinor, der obere Teil unseres Psi (Viererspinor) von vorhin.
P: Wie sieht es aus mit Antiteilchen?
I: Man kann eine negative Masse einsetzen
P: Und sind das dann die gleichen phis?
I: Nein, das sind die Chis aus dem unteren Teil des Viererspinor Psis.
P: Und wenn wir jetzt die Masse wieder postiv ansetzen?
I: Dann können wir auch negative Energien uns anschauen anstatt, dass Antiteilchen rückwärts in der Zeit sich bewegen.
P: Dann ändert sich das Vorzeichen der Ladung. Gibt es noch weitere Terme?
I: In der Pauligleichung nicht, aber aus der Diracgleichung kann auch Feinstruktur hergeleitet werden. (Die Hyperfeinstruktur wohl auch und die Pauligleichung ist wohl 0. Ordnung bis auf der Teil mit g das ist wohl 1. Ordnung, Feinstruktur und Hyperfeinstruktur sind wohl 2. Ordnung.)
P: Kommen wir zur statistischen Physik. Was ist Entropie?
I: Ein Maß für die Unordnung S = -kb sum_i pi ln(pi)
P: Über welche Zustände wird hier summiert?
I: Mikrozustände
P: Was sind Mikrozustände?
I: Wir betrachten jedes Teilchen einzeln mit spezifischen Eigenschaften anstatt uns makroskopische Größen wie die Temperatur anzuschauen.
P: Es gibt Vielteilchen und Einteilchenzustände, dann sind mikroskopische Zustände Einteilchenzustand?
I: Nein, wir betrachten das ganze System.
P. Was sind die pi?
I: pi = 1/Zg e^(-beta Ei + nu Ni)
P: Wie berechnen wir die großkanonische Zustandssumme?
I: sum_i pi = 1 => Zg = sum_i e^(-beta Ei + nu Ni)
P: Und wenn wir jetzt zur Bosefunktion kommen wollen?
I: Dann schreibe ich Zg um. Zg = sum_{np} e^(-beta sum_p np(epsilonp + mu)
P: Was ist hier mit der Energie passiert?
I: Ich habe verwendet, dass sum_i pi Ei = sum_p ep np
P: Sind sie sich sicher, dass das die Energie ist?
I: Nein sum_i pi Ei = <E> und E = sum_p ep np, E ist die Energie zu den Zuständen der Besetzungszahlen (Bei der Formulierung bin ich geschwommen der Unterschied, der Es war mir nicht klar.)
P: Bitte notieren sie noch den Index i zu Ei = sum_p ep np
I: Gut dann verwenden wir das großkanonische Potential. Soll ich das herleiten?
P: Ja
I: Herleitung über Entropie und spätere Identifizierung von beta, mu und der freien Energie sowie dem großkanonischen Potential begonnen, aber sehr schnell abgebrochen.
P: Das reicht. Bitte schreiben sie das großkanonische Potential direkt hin.
I: Omega = - kb T ln(Zg), N = sum_p 1/(e^(-beta(epsilon-mu))+/-1) für Fermionen/Bosonen. Für Bosonen muss der E-Funktionsterm unter 1 sein.
P: Gut wie sieht es jetzt mit Bose Einstein Kondensation aus?
I: N = 1/(z^-1 -1) + int gV/(2pih)^3 dp^3 np
P: Wann haben wir BEK? Bitte nicht rechnen nur erklären
I: Wenn der erste Term divergiert und wir somit eine hauptsächliche Besetzung des Grundzustandes haben, da der zweite Term konvergiert haben wir BEK. BEK ist abhängig von Temperatur und Druck und der Dimensi
P: Wie sieht es aus mit epsilon_p = alpha * p^5?

I: Der zweite Term konvergiert immer noch also BEK.
P: Gut, wie sieht es aus mit Ginzburg Landau und Phasenübergängen?
I: Die sind meines Wissens, kein Teil mehr der Prüfung.
P: Da haben sie Recht. Dann können wir die Prüfung hier einfach beenden.