Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Shnirman		
⊗ BP ◯ NP ◯ SF ◯ EF ◯ NF ◯ LA	Datum: 21. September 2015	Fachsemester: 8
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: Schwabl 1 komplett, Schwabl 2 für Relativistik, Schön-Skript + Vorlesungfolien von Shnirman für Theo F.
Dauer der Vorbereitung: 5-6 Wochen, keine Wochenenden, gegen Ende länger und intensiver :P
Art der Vorbereitung: allein
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Wirklich nur die nötigsten Formeln auswendig können, eher auf Verständnis lernen. Es ist eigentlich überhaupt kein Problem, wenn man mal nicht alle Konstanten weiß, solange man die wichtigen Größen hinschreiben kann und weiß was passiert. Altprotokolle dazu verwenden, das Themengebiet einzugrenzen und ein Gefühl für die Fragen zu bekommen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Prüfung als solche war entspannt. Der Prüfer stellt die Fragen etwas verwirrend, sodass man nie wirklich weiß worauf er jetzt eigentlich konkret hinaus will. Der 'Fluss' der Prüfung hängt davon ab, wie schnell man darauf kommt was er eigentlich gerade will :D
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hilft sofort, versucht auf andere Wege zum gesuchten Begriff zu kommen oder die Frage anschaulicher darzustellen. Allgemein bleibt er entspannt und freundlich. Er macht dann auch mal Späßchen über die Fehler, die man vielleicht mal kurz macht, sollte man aber wirklich nicht persönlich nehmen :)
Kommentar zur Prüfung: Ziemlich entspannt.
Kommentar zur Benotung: 1,3
Die Schwierigkeit der Prüfung: Allgemeine Nervosität. Hat kurz zwei Fragen zur Streuung gegeben (hatte ich nicht gelernt). Allgemein war es immer ein Kampf auf die gesuchten Begriffe zu kommen, war aber auf Grund der entspannten Atmosphäre eigentlich nicht allzu schlimm^^

Die Fragen

- Prüfer
* Ich

-Können Sie mir die Schrödinger-Gleichung hinschreiben?
*i\hbar\partial_t \psi = H \psi

-Welche Eigenschaften hat H?
*ist hermit und linear
-Was heißt hermit?
*H = H^\dagger
-Was heißt dagger?
*komplex konjugiert und transponiert
-Können Sie mich davon überzeugen, dass auch der Impulsoperator hermit ist?
*über Skalarprodukt <\psi|p\psi> in Integralform (im Ortsraum) durch partielle Integration gezeigt. Daraufhin meinte er, dass ich das jetzt aber nur für die Diagonalelemente von p gezeigt hab. Habe das ganze dann zu <\psi'|p\psi> abgeändert und er war glücklich.
-Was ist ein Wellenpaket?
*\Psi(x,t) = \int d^3k/(2\pi)^3 g(\vec{k}) e^{i(\vec{k}\cdot \vec{x} - \omega\cdot t)}
-Wie hängt das alles mit der Energie zusammen?
*E=\hbar\cdot \omega = (\hbar\cdot k)^2/(2m)
-Malt eine Gaußglocke mit Maximum bei x_0, die sich mit Geschwindigkeit v nach rechts bewegt, und meint: Angenommen, ich gebe Ihnen jetzt so ein Wellenpaket. Wie sieht dann g(\vec{k}) aus?
*|\Psi|^2\propto e^{-(x_0-vt)^2} -> g(\vec{k}) ist Fouriertransformierte, also g(\vec{k}) \propto e^{-(\
(hatte hier statt dem Minus vor der Klammer versehentlich erst ein i stehen).
-Wie bekomme ich \vec{k}_0?
*\vec{k}_0 = \vec{p}/\hbar = m\cdot \vec{v}/\hbar
-Das g(\vec{k}) wie Sie es definiert haben, hätte sein Maximum bei x=0. Wie könnte ich das jetzt auf x_0 verschieben.
*hatte überhaupt keine Ahnung. Dann meinte er, vielleicht würde ja die Methode der Stationären Phase helfen. Ich konnte damit dann leider aber nix anfangen, woraufhin er mir dann die Methode erklärt hat und damit begründet hat, dass g(\vec{k}) \propto e^{-(\vec{k}-\vec{k}_0)^2}\cdot e^{\vec{k}\cdot \vec{x}.
oder sowas ist
-Wie sieht der Hamilton für das Wasserstoffatom aus?
*H= p_e^2/(2m_e) + p_p^2/(2m_p) + V(\vec{r}_e-\vec{r}_p)
-Wie sieht das dann in Schwerpunktkoordinaten aus?
*H= p_s^2/(2M) + p_r^2/(2\mu) + V(\vec{r}); M=Gesamtmasse, \mu=Reduziertemasse, \vec{r}= Relativvektor
Wie sieht dann das Potential für das Wasserstoffatom aus?
*V(r) = e^2/r (in Gauß)
(hier kam irgendeine Frage zum Hamilton mit dem relativen Größen, fällt mir aber nicht mehr ein)
-Wie sieht dann das Spektrum des Wasserstoffatoms aus?
*E_n = -Ry/n^2 ; Ry = 13.6 eV. Habe das dann für n=1 und n=2 gemalt.
-Gibt es positive Energien?
*Hatte zuerst nicht wirklich eine Ahnung, was jetzt kommt. Habe dann geantwortet, dass es schon auch positive Energien geben sollte.
-Zu was für Teilchen gehören die denn dann?
*Uhm, freie Teilchen?
-Hm, nicht so wirklich, die können sich ja nicht wirklich frei bewegen
*Nach kleiner Hilfestellung bin ich dann darauf gekommen, dass es sich um gestreute Teilchen handelt.
-Welcher Parameter charakterisiert denn die Streuung?
*habe zuerst was vom Abstand b des Teilchens vom Kernmittelpunkt gestammelt. Nach kurzer Zeit hat er mich dann erlöst und hat gemeint, dass es der Wirkungsquerschnitt ist.
-Zurück zum Wasserstoff: In dem Spektrum, das Sie vorhin gezeichnet habe, gibt es da dann nur diese zwei Zustände?
*Ne, die sind n^2-fach entartet, bzw. 2n^2-fach, wenn man den Spin mit einbezieht
-Wie kommt das denn zustande?
*l=0,1,...,n-1; -l<m<l ->2n^2-fache Entartung
-Aha! Warum kann man denn l als Quantenzahl verwenden?
*Kugelsymmetrie (habe zuerst vergessen zu erwähnen, dass dadurch Drehimpulserhaltung gilt. Da hat er mich dann versuch hinzuführen, was aber nicht wirklich geklappt hat :D)
-Warum benutzt man denn eigentlich genau 3 Quantenzahlen? Wie kommt man denn darauf? Warum benutzt man denn nicht nur 2 oder sogar 4 Quantenzahlen?
*Stand mega auf dem Schlauch. Was er dann letztlich einfach hören wollte war der vollständige Satz der kommutierenden Operatoren (vSkO): H, L^2, L_z (oder andere Komponente)
-Okay, wodurch kann diese Entartung aufgehoben werden?
*Relativistische Korrekturen (relative Massezunahme, Spin-Bahn-Kopplung, Darwin-Term), Zeeman-Effekt, Stark-Effekt
-Schauen wir uns mal die Spin-Bahn-Kopplung genauer an. Wie sieht die aus?
*ist proportional zu \vec{S}\cdot \vec{L}. Habe dann \vec{J}=\vec{S} + \vec{L} hingeschrieben und wollte dann loslegen. Darauf er:

-Halt halt, stimmt schon, dass man das \vec{J} so schreiben kann. Aber ich könnte ja auch \vec{J} = \vec{S} + 2\vec{L} definieren. Warum macht man das aber nicht?
*Habe dann zuerst gemeint, dass man dann über \vec{J}^2 die Kopplung mit \vec{J}^2, \vec{L}^2 und \vec{S} ausdrücken kann. War aber noch nicht genug. Habe dann gemeint, dass es doch ein Gesamtdrehimpuls ist, also sollten die einzelnen Impulse ja auch gleich behandelt werden. Hat noch immer nicht gereicht. Das magische Wort 'Erhaltung' hat mich dann gerettet.
-\vec{J}^2 ist erhalten. Was noch?
*\vec{L}^2, \vec{S}^2, \vec{J}_z. \vec{S}_z und \vec{L}_z nicht.
-Okay, weiterrechnen
*habe dann den Erwartungswert <n j m_j l|\vec{S}\cdot \vec{L}|n j m_j l> über die anderen Drehimpulse ausgedrückt und gesagt, was die einzelnen Operatoren ergeben.
-Das Wasserstoffatom hat bei n=2 8 Zustände. Wie spalten die denn jetzt auf, wenn man nur die Spin-Bahn-] betrachtet?
*Mal wieder auf dem Schlauch gestanden. Bin dann drauf gekommen, dass die S-Schale nicht beeinflusst wird und P_{1/2} und P_{3/2} getrennt werden. Er hat dann noch die Verteilung beigesteuert: S_{1/2}: 2 Zustände; P_{1/2}: 2 Zustände; P_{3/2}: 4 Zustände
-Kommen wir zur zeitabhängigen Störungsrechnung. Was sagt uns denn Fermis Goldene Regel?
*Gibt die Übergangsrate von Zustand |m> nach Zustand |n> im Kontinuum. \Gamma_{nm} = 2\pi/\hbar \delta(E. |<n|V|m>|^2
-Wo ist denn da jetzt das Kontinuum?
*Ups, beim Übergang ins Kontinuum betrachtet man ja den Übergang in eine Gruppe von Zuständen im Energie: dE_n: \sum \Gamma_{nm} = \int dE_n \rho(E_n) Gamma_{nm} = \rho(E_m) 2\pi/\hbar |<n|V|m>|^2, wobei \rho(E. die Zustandsdichte ist (dieser Begriff wollte mir nicht richtig einfallen)
-Betrachten wir nochmal unser Wasserstoffatom im Vakuum. Sagen wir ich habe ein Elektron im |2 1 m_l> Zustand. Kann das dann einfach in den Grundzustand wechseln? (hier war er sich nicht ganz sicher, welche: l er denn jetzt eigentlich für einen solchen Übergang braucht, woraufhin ich die optischen Übergangsrege: l-l' = ungerade und m=m' einwerfen konnte)
*Naja kommt drauf an, ob der Grundzustand schon voll ist...
-Hm, das soll jetzt erstmal egal sein. Wenn wir das Wasserstoffatom im Vakuum betrachten, dann sagt uns doch der Hamiltonoperator, dass nix mit dem Elektron passieren sollte. Was gibt es denn jetzt aber in der Natur, dass dieser Prozess trotzdem ablaufen kann?
*Komplette Verwirrung. Irgendwie sind wir nach kurzem weiterüberlegen dann aber drauf gekommen, dass ein Photon ausgestrahlt werden muss. Die Zustandsdichte bei der Goldenen Regel ist also die der Photonen
-Können sie mir die Dirac-Gleichung hinschreiben?
*(-i \gamma^\mu \partial_\mu + mc/\hbar)\psi = 0; \psi ist Dirac-Spinor mit \psi = (\phi, \chi)^T
-Also ist \psi einfach ein Vierervektor?
*Nein, denn nicht jeder Vierervektor ist Dirac-Spinor. Habe dann angefangen, die Transformationsregeln herzuleiten. Wurde dann abgebrochen, als er gesehen hat, dass ich das kann.
-Wie sieht das denn jetzt mit einem e.-m.-Feld aus?
*kanonischer Impuls wird durch den kinetischen ersetzt: \partial_\mu -> \partial_\mu + e/c A^\mu. Hier hat er dann gemeint, dass man immer nur Birnen mit Birnen verrechnen darf. Ich hab dann A_\mu geschriebe: und alles war gut.
-Können Sie mir jetzt die schrödingerartige Dirac-Gleichung dazu hinschreiben?
*Meinen Sie einfach die Pauli-Gleichung? Anwort: joa. Dann angefangen mit i\hbar\partial_t \phi = 1/(2m)] -e/(2mc)\cdot (\vec{L}+
-halt halt, dass ist mir zu speziell. Bitte die allgemeinere Form.
*i\hbar\partial_t \phi = (1/(2m)\cdot (\vec{p} - e/c\vec{A})^2 + e\Phi + mc^2 + \vec{sigma}\cdot \vec{B}: (den letzten Term hatte ich zuerst vergessen, habe ihn dann aber auf nachfrage nach der Spinkopplung hinzugefügt).
-Kommen wir zur statistischen Physik. Bei wem hatten Sie die denn?
*Prof. Schmalian
-Ahja. Wie sieht denn die kanonische Dichtematrix aus?
*rho = 1/Z\cdot \sum_n e^{-\beta E_n} |n><n| = 1/Z \cdot e^{-\beta H}
-Wie sieht die für ein großkanonisches Ensemble aus?
*Da kommt noch die Fugalität dazu: \rho = 1/Z_G \cdot e^{-\beta H}\cdot e^{\beta \mu \N}
-Okay. Betrachten wir mal ein Spin 1 Teilchen im Magnetfeld, das an ein Wärmebad gekoppelt ist. Wie berechnet man jetzt die Suszeptibilität? Welches Ensemble würden Sie denn verwenden?
*kanonisches, da kein Teilchenaustausch statt findet. F = -k_B\cdot T\cdot ln(Z)
-Sehr schön. Wie sieht dann die Zustandssumme aus?
*Z = \sum_n e^{-\beta E_n}. Der Hamilton für die magnetische Kopplung ist H=-\vec{\mu}\cdot \vec{B} = -\mu_0 \vec{S}\cdot \vec{B}. Wollte dann \mu_0 definieren, war ihm aber voll egal. Habe dann gefragt, ob ich annehmen darf, dass das B-Feld in z-Richtung zeigt.
-Ist doch eigentlich egal oder? Betrachten Sie das doch mal in x-Richtung!

*War dann ziemlich verunsichert. Ende vom Lied war dann, dass man diese x-Richtung ja dann doch wieder z nennen kann und es deshalb überhaupt keinen Unterschied macht (war voll witzig). Die Eigenwerte von dem Hamilton sind dann E_n = +-\hbar\cdot a, 0; a ist dabei einfach die Konstante, in dem das B-Feld und die anderen konstanten drin stecken sollen. Daraus folgt dann Z = e^{-\beta\hbar \cdot a} + e^{\beta
a} + 1, könnte man dann noch in nen Kosinus umformen
-Wie kann man da jetzt die Suszeptibilität bestimmen?
*F = -\vec{M}d\vec{H} +...
-Reicht auch schon. Was jetzt?
*M = \partial F/(\partial H); \chi = \partial M/(\partial H), wobei H das externe Magnetfeld (also in diesem Fall B)
-Wunderbar. Betrachten wir doch jetzt mal ein ideales elektrisches Gas. Wie berechnen Sie jetzt die Wärmekapazität?
*Was für eine Wärmekapazität? C_V oder C_P?
-C_V
*Dann kann ich das ja über die Innere Energie bestimmen: C_V = \partial U/(\partial T). Und weil es ein ideales Gas ist ist ja U = 3/2 N k_B T oder?
-Hm nicht ganz, das Gas ist ja fermionisch
*Also gut, dann gilt das ja nur für große Temperaturen. Habe dann das Schaubild der Inneren Energie über T für Fermionen gemalt und wollte dann darüber argumentieren, wie die Wärmekapazität aussehen sollte.
-Also ich finde es prinzipiell schon gut, dass Sie sich das jetzt physikalisch überlegen wollen, aber ich hätte das jetzt schon ganz gern analytisch...
*also gut. C_V = T (\partial S/(\partial T)); S = k_B ln(N(E))
-Hm warum behandeln Sie das denn jetzt auf einmal mikrokanonisch?
*ist ja für N->\infty alles gleich
-Ich hätte das jetzt aber trotzdem ganz gern nur im großkanonischen
*Na gut. Zuerst lang rumüberlegt, wie jetzt das großkanonische Potential in Abhängigkeit von U aussieht, dass ich das danach ableiten kann und dann irgendwie auf die Wärmekapazität komme. Er hat mir dann geholfen auf die richtige Form zu kommen. Dann kam seine Frage:
-Also gut, jetzt haben wir die Entropie S = S(T,V,\mu). Die kann man ja jetzt benutzen um die Wärmekapaz
einfach so auszurechnen oder?
*joa sollte ja eigentlich schon klappen
-Nein! warum nicht?
*Nach kurzem Überlegen: Weil \mu = \mu(T,...) gilt.
-Aha. Wie sieht das denn für Fermionen aus?
*Bild gemalt und Abhängigkeiten dazu gezeichnet (\mu(0) = Fermienergie; Zuerst abhängig von -T^2, dann später abhängig von -T\cdot ln(T)). Dann war die Prüfung auch schon vorbei.