

Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Schmalian		
☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 11. September 2018	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D,E,F		
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 Schmalian -Theo E Skript Steinhauser -Theo F Skript Schön & Schmalian -Landau Lifschitz III -Honerkamp Statistische Physik für BEK
Dauer der Vorbereitung: 5-6 Wochen
Art der Vorbereitung: allein, -Altprotokolle durchgegangen und Themenschwerpunkte identifiziert, -4 Wochen Zusammenfassungen zu den Gebieten aus Skripten und Büchern herausgearbeitet täglich ~4 Stunden jedoch mit einigen Pausentagen (Hitze) -1 Woche Zusammenfassungen gelernt und Protokolle abfragen lassen
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: -

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? sehr entspannt, sehr freundlicher Prüfer
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er will seine Frage beantwortet haben, ich denke es ist ihm wichtig, dass man nicht sofort aufgibt, wenn man etwas nicht direkt weiß.
Kommentar zur Prüfung: -
Kommentar zur Benotung: 1,0
Die Schwierigkeit der Prüfung: -

Die Fragen

S: Wie würden sie denn die Wasserstoff Grundzustandswellenfunktion erraten?

Ich: Hamilton Operator für die Relativbewegung hingeschrieben.

$$H = p^2/2\mu + V(r)$$

Habe erklärt, dass $p^2 = pr^2 + L^2/r^2$ geschrieben werden kann.

S: Was ist hier pr?

$$\text{Ich: } \hbar/i(1/r)(d/dr)*r$$

Wenn man H so schreibt, sieht man, $[H, L^2] = [H, L_z] = 0 \Rightarrow H$ hat gemeinsame Eigenfunktionen mit L^2 und L_z welche bekannt sind $Y_{lm}(\theta, \phi)$ (Kugelflächenfunktionen)

Man macht einen Separationsansatz $\psi = R_{nl} * Y_{lm}$

S: Ich sehe, sie haben richtig erkannt, dass R nicht nur von n , sondern auch von l abhängt. Woher kommt das?

Ich: Wenn man den Ansatz einsetzt, dann kann man für den L^2 die Eigenwerte $hb^2 \cdot l(l+1)$ hinschreiben und dann die Differentialgleichung für R_{nl} lösen.

S: Richtig, aber wir wollen ja raten. Wie würden sie dann weiter vorgehen?

Ich:

Die Wellenfunktion muss im unendlichen verschwinden, da es sich ja um einen gebundenen Zustand handelt. Man erhält als Grenzfall $\exp(-x/2)$ mit einer dimensionslosen Größe x

S: Richtig, aber woher weiß man, dass die Wellenfunktion wie $\exp(-x/2)$ abfällt und nicht wie eine Potenz, Gaußkurve oder ähnliches...

Ich wusste nicht direkt die Begründung.

S: Zwischenfrage: Wissen sie bei welchem Problem die Wellenfunktion wie eine Gaußkurve abfällt?

Ich: Beim Harmischen Oszillator natürlich.

Dann sollte ich aber noch die vorherige Frage beantworten.

S: Wenn man sich die Differentialgleichung für R_{nl} anschaut, welcher Term ist dann dominant?

Jetzt wusste ich worauf er hinauswollte.

Ich: Der Laplace Operator in Kugelkoordinaten beinhaltet Terme d^2/dr^2 und $(2/r)d/dr$, den zweiten kann man für große r vernachlässigen.

S: ja genau, dann kommt man auf eine Differentialgleichung mit konstanten Koeffizienten und bekommt dann das was sie gesagt haben.

S: Wie schaut x denn genau aus?

Wusste ich zuerst nicht genau, hab die Energie mit de-Broglie Wellenlänge $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ hingeschrieben und gesagt, dass k eine Dimension der inversen Länge hat und hab geraten dass $x = k \cdot r$ ist.

S: Das ist schon sehr gut, aber nicht ganz vollständig.

Schmalian hat dann versucht mir ein paar Anhaltspunkte zu geben, dass es ja einen Unterschied mache, wie groß die Kernladungszahl ist.

Daraufhin habe die Eigenenergien mit Ryberg-Konstante R hingeschrieben und gesagt, dass diese proportional zu Z^2 ist. Das war aber noch nicht die Antwort.

S: Mein System hat ja irgendeine charakteristische Längenskala.

Ich: Das ist hier der Bohrsche-Radius, der dann wahrscheinlich als inverse Länge in die Formel für x eingeht. Ich weiß nicht direkt wie er definiert ist, aber ich kann ihn quasiklassisch herleiten.

S: Dann leiten sie ihn her.

Ich: Impuls $p = \hbar k$; Kinetische Energie $E_{kin} = p^2 / 2m = \hbar^2 k^2 / (2m)$; potentielle Energie $-e^2/a$; $E_{ges} = E_{kin} + E_{pot}$ nach a minimieren liefert Bohrschen Radius.

Damit war er dann zufrieden.

S: Nehmen sie an man hat zwei Operatoren A und B , welche mit H kommutieren aber nicht miteinander, was können sie mir über das Spektrum erzählen.

Ich: gesagt, dass das das typische Argument dafür ist, dass das Spektrum entartet ist. Beweis hingeschrieben (Skript Schmalian)

S: Was können sie mir zum Wahrscheinlichkeitsstrom sagen?

Ich: Wahrscheinlichkeitsdichte $\rho(x,t)$ über Betragsquadrat der Wellenfunktion gegeben. In Anlehnung an die Kontinuitätsgleichung für die Ladungsdichte sucht man eine ebensolche für $\rho(x,t)$ (Kontinuitätsgleichung hingeschrieben). Die Dichte hat man also schon, man muss nur den Strom j konstruieren

S: Kenn sie das Ergebnis?

Ich: Ja

S: Dann glaube ich ihnen, dass sie es auch herleiten können.

Ich: Strom hingeschrieben

S: Wie schaut der Strom jetzt in Anwesenheit eines Elektromagnetischen Feldes aus

Ich: Man bekommt einen zusätzlichen Term $-e/mcA|\psi|^2$

S: Was passiert, wenn man nun eine Eichung vornimmt?

Ich: Nichts, der Strom ist eichinvariant.

S: Richtig.

S: Was können sie über den Aharonov Bohm Effekt sagen?

Habe den experimentiellen Aufbau hingezeichnet und erklärt (Solenoid-Spule innen B Feld, außen feldfrei). Hamilton-Operator mit Minimaler Kopplung hingeschrieben und im Grunde die Herleitung aus seinem Skript wiedergegeben.

QMII

S: Was hat ihnen denn an QMII am wenigsten Gefallen?

I: Hmm, da könnte ich ihnen jetzt genau das sagen, was ich am besten kann, aber wenn ich ehrlich bin, Streuung.

S: Ja das ist wirklich ein scheußliches Thema.

Dann gings über die Dirac Gleichung in zwei Dimensionen.

S: Welche Gründe hatte man denn so eine Wellengleichung herzuleiten?

Ich: habe gesagt, dass man gerne eine Gleichung hätte die Lorentzkovariant ist, dessen Lösungen die relativistische Energie Impuls Relation erfüllen und für welche man eine positiv definite nullte Komponente des 4-Strom hat, damit die gängige Wahrscheinlichkeitsinterpretation zulässig ist.

Dirac-Ansatz mit alpha und beta Matrizen hingeschrieben. Habe gesagt, dass man über Quadrieren des Operators und Vergleich mit KGE Bedingungen für die Matrizen bekommt. Alle Bedingungen für alpha und beta hingeschrieben.

Argumentation für gerade Dimensionen der alpha und beta Matrizen ausgeführt (Spur, Antikommutatorrelation, Eigenwerte).

S: Wie würden sie diese Gleichung jetzt lösen?

Ich: Ich würde sie z.B für $p=0$ lösen, dann sieht man, dass man Lösungen für positive und negative Energien hat, aber keinen Spin-Freiheitsgrad.

S: Können sie das Spektrum hinzeichnen?

Ich: Spektrum hingezeichnet (Verbotener Bereich $(-mc^2, +mc^2)$ dann parabelförmig $\rightarrow$ linear), Grundzustand im minus unendlichen, Strahlungskatastrophe für Elektron $\rightarrow$ Materie wäre nicht stabil, auf Dirac-See eingegangen und anhand davon Paarerzeugung erklärt. Außerdem gab es noch eine Zwischenfrage bezüglich der Entartung des Spektrums für die Lösungen in drei Dimensionen. Die Antwort ist offensichtlich zweifach entartet, wegen dem Spin-Freiheitsgrad, den man bei Lösungen in drei Dimension hat.

Statistische Physik:

S: Was können sie mir über das Ising Modell sagen.

Ich: Hamilton Operator für das eindimensionale Ising Modell hingeschrieben.

$H = -J \sum_{n=1..N} (S_{z,n} S_{z,n+1}) - \gamma B \sum_{n=1..N} (S_{z,n})$

S: Sie wollen also das Ising Modell in einer Dimension lösen?

Ich: Ja!

Habe mir Konstanten h und g definiert um den $-\beta H$ einfacher zu schreiben. (Wird so z.B im Schön Skript gelöst).

Dann kanonische Zustandssumme hingeschrieben und mit Transfermatrixmethode gelöst.

Freie Enthalpie hingeschrieben und erwähnt, dass man damit jetzt durch Ableiten die Magnetisierung oder z.B. die Entropie bekommt.

S: Wie sieht jetzt die Magnetisierung aus?

Ich: Der Term sieht irgendwie aus $1/\sqrt{\sinh(h)^2 - \dots}$ (das wäre der allgemeine Fall $B \neq 0$, Schmalian hat die Frage dann nochmal präziser formuliert)

S: Wir betrachten die Magnetisierung für den Fall $B \rightarrow 0$.

Ich: Für $T=0$ haben eine geordnete Phase $M=N\mu$, für $T \neq 0$ verschwindet die Magnetisierung für $B \rightarrow 0$. Ich habe dann noch begründet warum das so ist. (Minimum der Freien Enthalpie, Skript Schön)

S: Wie sieht die Magnetisierung in z-Richtung als Funktion von B_x aus, wenn man ein magnetisches Feld in x-Richtung anlegt? also $H = -J \sum_{n=1..N} (S_{z,n} S_{z,n+1}) - \gamma B_x \sum_{n=1..N} (S_{x,n})$

Ich sollte die Magnetisierung M_z in abh. von B_x zeichnen.

I: Habe mir zuerst die Grenzfälle überlegt $B_x \rightarrow \infty$ und $B_x \rightarrow 0$. Für $B_x \rightarrow 0$: $M=N\mu$ wie vorhin, und für $B_x \rightarrow \infty$ müssen die Spins ja alle in x-Richtung zeigen, weswegen $M_z=0$ ist. Ich habe argumentiert, dass bei dem Punkt, an welchem die Kopplung an das B_x -Feld die Stärke der Kopplung der z-Komponenten untereinander gerade übersteigt, ein starker Abfall von M_z zu erwarten ist. Also insgesamt:

bei $B_x=0$ $M_z=N\mu$, starker Abfall bei $\gamma B_x \sim J$, dann asymptotisch gegen $M_z=0$.

S: Sehr gute Überlegungen. Tatsächlich ist es so, dass bei $\gamma B_x \sim J$, M_z direkt 0 wird, es also zu einem Phasenübergang kommt.