Fach: Theoretische Physik		
PrüferIn: Schmalian		
⊗ BP ◯ NP ◯ SF ◯ EF ◯ NF ◯ LA	Datum: 23. April 2020	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D, E, F		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Sakurai, Skript Schmalian Theo D, Skript Melnikov und Zeppenfeld Theo E, Skript Schmalian Theo F, Prüfungsprotokolle Schmalian, viel Internetrecherche
Dauer der Vorbereitung: ca. 8 Wochen
Art der Vorbereitung: Zuerst allein Literatur durchgearbeitet und gerechnet, am Ende mit Lernpartner gegenseitig Protokolle abgefragt.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Wie in allen Protokollen beschrieben: Seine wichtigen Themen finden und die besonders gut drauf haben. Nicht aufs Auswendiglernen fixieren oder so sondern die Zusammenhänge begreifen, das war bei mir gut.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Die Prüfung fand in der Corona-Zeit statt und deshalb war es nicht das übliche Format. Allerdings war sie sehr angenehm. Einfach ein Gespräch, in dem man zeigen kann, was man verstanden hat und wie man versucht, sich Sachen zu erschließen, die über das Gelernte hinausgehen.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er bleibt bei der Frage und stellt sie nochmal anders. Man soll sich Gedanken machen und zeigen, wie man solche Fragen angeht. In der Regel wird weitergefragt, bis er wirklich merkt, dass Schluss ist (auch wenn man ein Thema drauf hat).
Kommentar zur Prüfung: Empfehlenswert. Entspanntes Gespräch über Quantenphysik.
Kommentar zur Benotung: 1,3
Die Schwierigkeit der Prüfung: Schwierig ist es, wenn man einen Aussetzer/eine kleine Wissenslücke hat damit klarzukommen, dass er trotzdem weiterfragt. Man muss dann entspannt bleiben und sich in Ruhe Gedanken darüber machen. Die Zeit gibt er einem auch.

Die Fragen

Prüfer P
Student S
P: Bei wem haben Sie die Vorlesungen gehört?
S: Klinkhamer, Melnikov, Mirlin.
P: Was ist die Schrödingergleichung?
S: Komplexe DGL für die Wellengleichung.
P: Und diese Wellenfunktion?

S: Die Wellenfunktion beschreibt einen quantenmechanischen Zustand. Sie ist komplex und das Betragsquadrat ist die Wahrscheinlichkeitsdichte.
P: Und warum ist die Wellenfunktion komplex? Haben Sie dafür eine gute Erklärung? Was hat das für Auswirku
S: Das schlägt sich in einer komplexen Phase nieder. Die absolute Phase spielt keine Rolle. Allerdings können relative Phasen zu Interferenzeffekten führen wie z. B. beim Aharonov-Bohm-Effekt.
P: Er erklärt irgendwelche Gedanken dazu, warum die WF komplex sein muss. Ich solle es ihm berichten, falls ich es irgendwann herausfände.
P: Wie sieht die Kontinuitätsgleichung aus?
S: Hingeschrieben mit Wahrscheinlichkeitsstromdichte. Term (e/m psi*psi A) im Strom fürs EM-Feld erwähnt.
P: Okay, was ist denn mit dem Vektorpotenzial A?
S: Habe über Eichinvarianz gesprochen und die Transformationen mit einem skalaren Eichfeld chi hingeschrie
Habe auch die komplexe Phase aufgeschrieben, die psi bekommen muss.
P: Was wäre jetzt, wenn es einen magnetischen Monopol gibt?
S: (Habe dazu nichts angeschaut.) div B ist dann die Ladungsdichte des magnet. Monopols. Er hat mich dann die Flussdichte B und den magnetischen Fluss daraus ableiten lassen und gemerkt, dass ich das nicht gelernt habe und es länger dauern würde.
P: Man sieht am Ende jedenfalls, dass auch die magnetische Ladung quantisiert sein muss.
P: Dann nehmen wir mal ein System S mit WF psi und ein System S' mit WF phi. Die Systeme sind nicht verbunden und können nicht 'miteinander reden'. Gibt es etwas, dass O heiße und die Wirkung O (|psi> * |phi>) = |psi> * |psi> hat, also psi aus S ins System S' kopiert?
S: Habe lange rumüberlegt und gesagt, was mir dazu einfiel. Allerdings konnte ich dazu nichts beweisen o. ä.
P: Er hat irgendwann aufgelöst, dass es sowas tatsächlich nicht geben kann (zumindest nicht für jedes beliebige |psi>). Das ist das No-Cloning-Theorem, zu dem er scheinbar den Beweis skizziert haben wollte.
P: Jetzt betrachten wir mal das Wasserstoffatom. Sie haben ein Wasserstoffatom im 1S-Zustand. Da kommt ein Photon dazu. Was passiert?
S: Ich hab hier gehangen, weil ich von zuvor aus dem Konzept war.
P: Schreiben sie es mal in Störungstheorie hin.
S: Habe ganz allgemein mit Störpotential V die Übergangswahrscheinlichkeit pro Zeit von i nach f hingeschr
mit der entsprechenden Deltadistribution für die Absorption eines Photons. Dann bin ich auf das Matrixelem
eingegangen mit V = e r*E. Dann habe ich z in E-Richtung gewählt und entsprechend ist V ~ z. Die Auswahlre
habe ich dann für m über das verschwindende Matrixelement des Kommutators [L_z, z] = 0 (das liefert m' = m) und für l über Parität, die l'+l = 'gerade' impliziert, hergeleitet.
P: Was ist mit n = 3 und l = 3?
S: Das geht nicht, weil l < n.
P: Vorher haben Sie ja E||z angenommen. Ich will aber, dass E||x. Schreiben Sie das mal hin, mit Kugelfläc
oder so.
S: Habe x in Kugelkoordinaten geschrieben und den Zustand (im Ortsraum) auch. Wegen der Integration über den gesamten Raum bzw. Azimutwinkel phi für das Matrixelement argumentiert, dass man die gleichen m' = m = +/-1 braucht, damit der oszillatorische Teil sich nicht aufhebt.
P: Und was ist da dann der Unterschied zu E||z? Vorher haben Sie ja gesagt es sei egal, wohin E zeigt...
S: Habe ein bisschen dazu gesagt und das es mit der Wahl der Quantisierungsachse zusammenhängt.
P: Er hat dann weiter erklärt, dass m ja die Quantenzahl ist, die L entlang der z-Achse quantisiert und damit zu L_z gehört.
P: Machen wir mal mit der Dirac-Gleichung weiter. Erzählen Sie mal.
S: Ich habe sie hingeschrieben und bin auf die relativistische Energiedispersion eingegangen, die der Gleichung zugrunde liegt. Habe noch die Eigenschaften motiviert, die alpha und beta haben müssen (Antikomm
-> Matrizen, Eigenwerte und Dimensionalität). Dann habe ich noch gesagt, dass die Lösung für die WF entsprechend ein 4-komp. Spinor sein muss.
P: Sehr schön. Und was ist die Interpretation davon?
S: Man schreibt den Spinor als (phi, chi). Für Impuls p = 0 hat man nur jeweils eine von Null verschiedene
Komponente in phi und chi. Dabei entspricht phi dem negativen und chi dem positiven Energieeigenwert. Es gibt also einen Energiefreiheitsgrad (negativ/positiv bzw. Anti-/Teilchen -> Dirac-See). Der andere Freiheitsgrad ist der Spin (up/down). Insgesamt 4 Möglichkeiten.
P: Und in 2D?
S: In 2D gibt es immernoch zwei Energieeigenwerte (positiv/negativ). Allerdings fällt der Spin weg. Der ist in 2D auch nicht definiert.
P: Wie ist es mit höheren Dimensionen als 3D?
S: In höheren Dimensionen (n Dimensionen) braucht man n+1 antikommutierende Matrizen, während es in 3D 4 (4x4-Gamma-Matrizen) und in 2D 3 (2x2-Pauli-Matrizen) sind. Die n+1 Matrizen müssen eine gewisse Dimensionalität mxm haben (ich wusste die genaue Anzahl m nicht und Prüfer und Beisitzer spontan auch nicht). Dann gibt es immernoch zwei Energien und entsprechend m-2 Spinzustände für den m-komp. Spinor.
P: Erklärt irgendwas mit höheren Dimensionalitäten von Spinoren.
P: Aber woher weiß man, dass das der Spin ist?

S: Das sieht man, wenn man den nicht-relativistischen Grenzfall der Dirac-Gleichung anschaut. Man bekommt die Pauli-Gleichung, in der der Spin steht.
P: Und wie kommt man da hin (explizit)? Wie sieht denn die Dispersion aus?
S: Ich zeichne die relativistische Dispersion E(p) mit positiver und negativer Energie und y-Abschnitt +/-mc^2 auf und sage, dass man bei p ~ 0 entwickelt. Das hatte ich allerdings überhaupt nicht angeschaut. Es ging noch kurz hin und her aber viel weiter kamen wir nicht.
P: Naja egal, wir müssen jetzt noch ein bisschen statistische Physik machen (1h ist schon rum). Erzählen Sie mir mal, was die Van-der-Waals-Gleichung ist.
S: Schreibe sie hin und erkläre die beiden Korrekturterme Binnendruck und Kovolumen. Dazu sage ich noch, wie sich das von der allgemeinen Gasgleichung unterscheidet.
P: Und wo kommt das jetzt her?
S: Ich skizziere das Lennard-Jones-Potential um r = 0. Das Volumen V wird aufgrund der berücksichtigten Ausdehnung der Teilchen (Divergenz bei r -> 0) größer und der Druck P ist durch die attraktiven Wechselwir
zwischen den Teilchen verringert.
P: Genau. Welche Form hat das Potential?
S: Das Minimum liegt bei r_0. Für 1 « r/r_0 ist das Potential U(r) ~ -(r_0/r)^6.
P: Stimmt. Und warum?
S: Hmmm, wegen elektromagnetischer Induktion wahrscheinlich. Also wegen induzierter Ladungen in den Gasatomen/-molekülen.
P: Ja, aber warum genau 1/r^6? Schließlich hat ein Dipol ja 1/r^3.
S: Ich habe ein bisschen darüber nachgedacht und versucht es irgendwie zu erklären. Irgendwann hat er es aufgelöst.
P: Man sieht es in der Störungstheorie: Da verschwindet der Term in 1. Ordnung (Dipol mit 1/r^3) und 2. O. ist die erste nicht-verschwindende, wo der W.w.term quadriert steht -> -1/r^6.
P: Und wie kommen Sie davon zur V.-d.-W.-Gl.?
S: Ich schreibe, dass die freie Energie F = -(k_B*T) ln(Z) ist. Über dF = -SdT-PdV bekommt man dann P = -dF/dV und so die Gleichung. Dazu muss man die Zustandssumme Z berechnen: Summe über alle Orte/Impulse
über e^-(beta*H) -> Integral mit 1/N!.
P: Führen Sie die Integration mal aus.
S: Hamlitonfunktion H = p^2/2m + U(r). Habe gezeigt, dass die Integration über die Impulse den Faktor (V/lambda^3)^N liefert. Die Ortsintegration geht über e^-(beta*U(r)). Man nähert das L.-J.-Potential als unendlich für r <= r_0 an -> kein Beitrag. Dann muss man nur U(r) < 0 für r_0 < r betrachten. Hier komme ich nicht weiter, weil ich das nicht gemacht habe.
P: Haben Sie schonmal von der Virialentwicklung gehört?
S: Ja, gehört schon.
P: Also wir machen hier Schluss, gehen Sie bitte kurz raus.