

Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Schmalian

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA

Datum: 08. Februar 2021

Fachsemester: 7

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D,E,F(a&b)

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Theo Fa & Fb

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: nein

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: nein

Verwendete Literatur/Skripte: Vorlesungsmitschriebe von TheoD(Nierste), TheoE(Zeppenfeld) und TheoFa(Schmailan), das TheoD Skript von Nierste sowie Schmailan und das komplette TheoF skript von Schmalian. (Müsste man alles im leech finden).

Sakurai/ Napolitano: Modern Quantum Mechanics

Sehr viel Wikipedia und sonstige Internet Quellen, alles möglichen Skripte von irgendwelchen Universitäten, teils arxiv Paper und derartiges.

Dauer der Vorbereitung: schwer zu sagen, Aufbereitung und Vertiefung des Wissens aus den Vorlesungen im Lauf von ca. 5 Monaten; eine sehr intensive Phase (+/- 8 h am Tag, 7 Tage die Woche) in den Letzten 2-3 Wochen

Art der Vorbereitung: Alleine. Zuerst einfach Wissen auffrischen und Vertiefen durch Wiederholen der Skripte und das Lesen von Fachliteratur, dann gegen Ende (ca. ab Zeitpunkt eines feststehenden Termins) Vorbereitung mit Prüfungsprotokollen(sehr nützliche, Prof. Schmalian hat einige 'Lieblings' Themen die fast immer vorkommen)

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Ein allgemein gutes und weites Verständnis hilft ungemein. Auch wenn ich es nicht gemacht habe denke ich, dass die Zusammenarbeit mit einem/r Lernpartner/in sehr sinnvoll ist, da ich festgestellt habe, dass eine der Hauptschwierigkeiten für mich war, alleine das Formulieren von präzisen physikalischen Aussagen zu üben.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr gut; die Themen wurden grob vorgegeben mit einem jeweiligen Gesichtspunkt der behandelt werden soll und dann durfte ich anfangen zu erzählen. Allgemein herrschte eine sehr angenehme Atmosphäre und es hat sich im großen und ganzen nicht wie ein 'Frage -> Antwort' Gespräch angefühlt sondern wie eine mehr oder weniger einseitige Erzählung/ Diskussion. Aufgrund von Corona wurde die Prüfung via Zoom abgehalten, ich habe meinen Laptop für den Videoanruf verwendet und bin mit meinem Smartphone(moniert auf so nem 15 Euro Stativ) zusätzlich den Call beigetreten, um es als Kamera für meine Notizen zu verwenden. Hat soweit super funktioniert.

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Kam nicht allzu häufig vor. In den wenigen Fällen wurde meistens die Frage nochmal neu Formuliert und potentiell auch etwas neues involviert um die Richtung zu zeigen, in die die Antwort gehen soll. Auf jedenfall wurde geduldig reagiert und in keinstenweise Druck aufgebaut.

Kommentar zur Prüfung: Sehr gut verlaufen, super angenehme Erfahrung (war meine erste mündliche Prüfung) absolut empfehlenswert.

Kommentar zur Benotung: 1.0, ich kann mich in keinsten Weise beschweren :)

Die Schwierigkeit der Prüfung: Gab eigentlich keine. Klar wird es immer mal Vorkommen, dass man eine Frage etwas anders auffasst oder falsch versteht aber das hat sich dann immer sehr schnell geklärt.

Die Fragen

Ich werde versuchen die grobe Ziele der Fragen und eine etwaige Formulierung dieser wiederzugeben, aber das kann leider in manchen Bereichen jetzt, im Nachhinein, etwas abweichen. Wenn ich über die genaue Formulierung nichts mehr weis versuche ich das Themengebiet anzugeben.

I -> Ich,

S -> Schmalian.

S: Bei welchen Dozenten haben sie die Vorlesungen gehört?

I: Nierste (Theo D), Zeppenfeld (Theo E), Schmalian (Theo F).

S: Ok, Hauptthema wird natürlich die QM sein, wobei zu allen Bereichen Themen besprochen werden.

S: Fangen wir mal mit den Grundlagen an: (ich weiß leider nicht mehr genau was seine erste Frage war) ...irgendwas bezüglich Wellengleichungen in der QM (hat vermutlich auf die Schrödinger Gl abgezielt).

I: Habe die stationäre Schrödingergleichung hingeschrieben und daran angefangen die Wellenfunktion zum umreisen (allgemein, also nicht in spezifischer Basis; komplex-wertige Funktion, Element des Hilbert Raum, besteht aus Linearkomb. einer beliebigen HilbertR.-Basis, beschreibt vollständiges qm System., erzeugt physikalische Resultate über Wahrscheinlichkeitsinterpretation(durch Innenprodukt)). Witer gemacht habe ich mit Operatoren, die auf dem HilbertR. definiert sind: zuerst Observablen (repräsentieren physikalische Messungen, haben vollständige orthonormale Basis an Eigenzuständen im HilbertR., somit sind zu Beginn über die Eigenwertgleichung alle möglichen Ausgänge der Messung bekannt, bei Messung muss dann Zustandsreduktion der Wellenfunktion stattfinden in einen EigenZst. der Observablen.). Zu symmetrieoperatoren kam ich garnicht mehr.

S: Zeigen Sie das mit der Messung anhand des Doppelspalts(Ich glaube er hat das Bsp. direkt vorgegeben, bin mir aber nicht mehr ganz sicher).

I: Male Skizze dazu, mit Interferenzmuster (ohne die Einzelspalt Interferenz). Dann habe ich dazu das mündlich etwas Thematisiert.

S: Wie wäre das jetzt wenn wir klassische Objekte betrachten würden, z.B. wenn jemanden mit einer Kalaschnikow der durch die Spalte schießt (großartiges Bsp., ich musste sehr stark grinsen :)).

I: Keine Welleneigenschaften, klassisches Verhalten -> Gausverteilung ohne Interferenz.

S: Ok, wie ist das jetzt in einem qm System wenn ich hinter einem Spalt jedes 10te Elektron beobachte?

I: Überlagerung, 10% klassische Gauskurve mit 90% Interferenzmuster.

S: Nächstes Thema: Geladenes Teilchen in magnetischem Feld.

I:(wie auch in anderen Protokollen gesehen werden kann sind die Landau Niveaus so ziemlich sein Lieblingsst sollte man auf jeden Fall in und auswendig kennen). Führt minimale Kopplung ein (mit einem Nebensatz dass diese aus der klassischen Physik Stichwort Hamilton, Euler-Lagrange Gl, Lorentzkraft; folgt). Schreibe den Hamiltonian als $H = 1/2m(\vec{p}_x^2 + \vec{p}_y^2 + \vec{p}_z^2)$. Habe erklärt, dass ganz allgemein gezeigt werden kann, dass wenn ein H von zwei Operatoren abhängt, die eine Kommutatorrelation haben $[a,b] \propto c$, und c mit H kommutiert, dies immer auf H0 Spektrum führt. Weiter habe ich gesagt, dass in diesem Fall $c \propto B$ ist und somit durch eine x-beliebige Wahl des B Felds wir unsere Landau Niveaus erhalten.

S: Wie ist das hier mit der Entartung ?

I: Die üblichen Antworten, unendlich für kompletten Raum, $\propto ABq/(2\pi\hbar)$ für beschränkte Fläche. Daraus sieht man dann, dass in letzterem Fall der magnetische Fluss quantisiert sein muss.

S: (war damit soweit zufrieden) Wenn wir schon beim mag. Fluss sind und vorhin den Doppelspalt betrachtet haben, da gibt es ja so ein Experiment den Aharonov Bohm Effekt. Was können sie mir hierzu sagen?

I: Habe eine kurze Skizze gezeichnet und mündliche die Rahmenbedingungen erklärt, dann habe ich das Vektorpotential $\vec{A} = \nabla \chi$, außerhalb des Solenoiden, begründet und für einen geschlossenen Pfad um den Solenoiden (ohne Loops) die Phasendifferenz der Wellenfunktionen der Elektronen hergeleitet, bzw. gezeigt, dass diese nicht mit dem Magnetfeld (dass ja nicht mit den Elektronen interagiert) sondern über das Vektorpotential vom magnetischen Fluss durch die gesamte Fläche zusammenhängt. Daraus habe ich gefolgert, dass das Vektorpotential bzw. das Skalarpotential nicht nur ein mathematisches Konstrukt ist(wie dies in der klassischen Physik erscheinen mag) dem keine Physikalische Bedeutung inne wohnt.

S: Nächstes Thema, ein H-Atom ist einem zeitabhängigen Strahlungsfeld ausgesetzt, sie können die ganzen gängigen Annahmen als gegeben nehmen (Dipolnäherung etc.).

I: Habe zuerst kurz umrissen wie zeitabhängige Störungstheorie funktioniert und dass ich in diesem Fall einen Störterm $V \propto (\vec{A} e^{-i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{x})} + \text{hc.}) \cdot \vec{p}$ verwenden kann, um die Kopplung zu beschreiben. Dann habe ich gesagt, dass die Zeitabhängigkeit dazu führt, dass in der Energieerhaltenden deltafunktion bei Fermis Goldener Regel der Term für eine Absorption/Emission auftaucht. Weiter habe ich dann gesagt, dass wir uns nun für die möglichen Übergänge, beschrieben durch das Matrixelement, interessieren und unter Verwendung der Dipolnäherung, des Wigner Eckart Theorems und den bekannten nützlichen Tricks (dass wir einfach eine Vorzugsrichtung wählen, dann $p_z = [H_0, z]$ verwenden können um auf ein Matrixelement über z zu kommen, dieses in einen sphärischen Tensor mit rang 1 und $m = 0$ umwandeln können) aus den Clebsch Gordon Koeff. und der Paritätserhaltung die Regeln $l = l' \pm 1$ und $m = m'$ erhalten. Dann bin ich kurz darauf eingegangen, dass dies für die Wahl in x/y Richtung anders ist und dies daran liegt, dass im allgemeinen häufig die z Achse als Quantisierungsachse verwendet wird (Hierzu muss man sagen, dass in fast jedem Protokoll von Schmalian irgend eine Frage in diese Richtung auftaucht).

S:(war damit dann soweit zu frieden) Nächstes Thema, relativistische QM; wir überspringen mal die Dirac Gl, die kennen sie ja sowieso bestimmt und springen gleich zur Dirac Gl in 2 dim mit EM Feld und einem masselosen Teilchen.

I: Habe gezeigt, dass nun der Hamiltonian quadriert werden muss, um auf das Energiespektrum zu kommen. Dann habe ich gezeigt, dass wieder ein H_0 Verhalten auftritt mit einem zusätzlichen Term. Hier war ihm wichtig, dass im relativistischen Fall natürlich 2×2 Matritzen vorhanden sind und dass eine Einheitsmatrix beim H_0 Spektrums Term steht (habe erst nicht ganz sein Problem verstanden aber Einheitsmatritzen nicht hinschreiben ist spätestens in TTP Standard). Es ging dann noch kurz darum, dass das Spektrum nun nicht mehr äquidistant ist und das die erhaltene Lösung mitunter etwas schwierig ist, was an der 2dimensionalität des Problems liegt (der zusätzliche Term ist proportional zu einem magnetischen Feld, das orthogonal zu der 2d Ebene ist und somit nicht wirklich sinnvoll definiert, solange man nicht davon ausgeht, dass es sich um ein Problem handelt, bei dem ein 2d Objekt in einem 3d Raum eingebettet ist, so dass eine orthogonale Richtung überhaupt definiert ist).

S: So jetzt noch kurz zum Abschluss ein bisschen statistische Mechanik. Was passiert bei Bose-Einstein-Kondensation?

I: Ich wollte schon mit der Standard Herleitung aus dem Skript beginnen, wurde aber dann direkt abgewürgt, ihm war sehr wichtig den Satz 'makroskopische Besetzung des Grundzustands unterhalb der kritischen Temperatur' zu hören. Dann ging es kurz (hauptsächlich mündlich) um die Besetzungszahlen, das chemische Potential und deren Verhalten (ich habe eine kleine Skizze zum Temperatureverlauf für μ und N_0 gezeichnet). Dann sollte ich aus dem Integral für $\langle N \rangle$ kurz (ohne explizite Rechnung) die Temperaturabhängigkeit des Ergebnisses zeigen ($\propto T^{-3/2}$) und dann ging es in den letzten 2 Sätzen noch um Unterschiede, falls nun andere Dimensionen (2 oder 1) betrachtet werden. Hierbei ging es explizit auch darum, dass es sich in diesem Fall etwa so verhält wie beim 1d Ising Modell, dass sich also für $T=0$ ein makroskopischer GZ zeigen würde aber bei jeder endlichen Temperatur nicht. Hierbei wusste ich das ganze nicht genau und bin ein bisschen ins Schwimmen geraten.

Das wars dann auch schon (Dauer ca. 50-55 min, wenn ich mich richtig erinnere).

Zwischendring gab es eine Frage bezüglich des Zeitumkehroperators, allerdings konnte ich nichts sinnvolles hierzu sagen und Schmalian hat ganz zu Beginn schon gesagt, dass falls ich ein Thema nicht in den Vorlesung hatte ich dies sagen sollte, dann überspringt er es, was hier dann passiert ist.

Am Ende haben Prof. Schmalian und der Beisitzer kurz den Zoom Call verlassen um sich zu besprechen und sind dann nach sehr kurzer Zeit zurückgekehrt mit der resultierenden Note :)

Prinzipiell kann ich noch ein paar allgemeine Sachen sagen, zum einen war es ihm in keinster Weise wichtig genaue Vorfaktoren etc. zu bekommen (setzt ruhig $c=1$, sofern er es nicht explizit anders möchte), sofern diese keinerlei Relevanz besitzen und in den meisten Fällen ging es ihm auch nicht um vollständige Rechnungen sondern um 'Formelfetzen' die die jeweils mündlichen Argumente prägnant unterstreichen und die relevanten Zusammenhänge widerspiegeln. Ich würde trotzdem jedem raten in der Vorbereitung immer alles möglichst vollständig sehr oft zu rechnen, dann könnt ihr in der Prüfung viele unnötige Zwischenschritte überspringen und geratet auch nicht so schnell aus dem Konzept, wenn Prof. Schmalian nicht ganz von vorne sondern schon mit einer gewissen Tiefe einsteigen möchte.

In der Prüfung werdet ihr dann deutlich weniger Rechnen und mehr reden, aber euch sollte in jedem Fall bewusst sein wie ihr es zur Not berechnen könntet.