

Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Mirlin

BP NP SF EF NF LA

Datum: 09. April 2024

Fachsemester: 6

Welche Vorlesungen wurden geprüft?

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: alles nach dem neuen Schema

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: keine

Verwendete Literatur/Skripte: Metelman Theo D
Mühlleitner Theo D
Steinhauser Moderne Theo 2/Theo E
Schwabel (Quantenmech 1+2, Statistische Physik)
Fließbach (Quantenmech + Statistik)

Dauer der Vorbereitung: 5 Wochen

Art der Vorbereitung: am Anfang alleine durchgegangen alle typischen Themen, ab zweiter Woche die Themen durchgegangen und mit erfahreneren Leuten (frühere Prüfung) besprochen, dann noch ne Woche auswendig gelernt, und in der letzten Woche Altprotokolle durchgemacht (war auch immer das selbe)

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Mirlin hat nur spezielle Themen die er fragt, also erstmal einfach die machen und dannach den Rest anschauen, wenn eins will, ist aber nicht notwendig.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Wenn eins frei vortragen kann und einen Plan hat gibt es auch wenige bis keine Unterbrechungen, also einfach so weit machen wie gewollt. Außerdem hat er spezielle Busswords, also Altprotokolle lesen und merken, dann fragt er nicht umständlich danach ohne das es verständlich ist, und wenn doch einfach nochmal erwähnen.

War relativ entspannt kam nichts dran was er nicht schon gemacht hätte, wie gesagt nur spezielle Themengebiete.

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Versucht Tipps zu geben, beantwortet sich damit aber im schlimmsten Fall die Frage selbst bevor es möglich ist selbst eine Antwort zu liefern. Sonst ist es ganz entspannt. Er weiß noch nicht genau was im neuen Modulplan alles drin ist (wollte wissen wieso beim Wasserstoff nur n entartet ist, aber das hatten wir glaube nicht)

Kommentar zur Prüfung: War ganz nett musste nur darauf warten bis er weiß was er will

Kommentar zur Benotung: 1.0 War fair, nicht anders zu erwarten, weil es gut lief

Die Schwierigkeit der Prüfung: Er stellt seine Fragen seltsam und wenn man nicht gleich darauf kommt, oder bisschen schräg anfängt, dann neigt er dazu sie sich selbst zu beantworten, davon nicht beeindruckt lassen. Außerdem redet er sehr langsam und braucht Zeit sich selbst und seine Gedanken zu ordnen, also einfach entspannen und abwarten.

Die Fragen

Messungen in der Quantenmechanik

Zentralpotential (Energieentartung)

Drehimpulsalgebra

Dirac Gleichung (+ nicht relativistisches Limit + Spinoren)

Bose-Statistik

Thermodynamik (so bisschen nur großkanonisches Potential und Differential)

Bose Einstein Kondensation (+ wie in anderen Dimensionen)

Mirlin M:

Ich I:

M: Beginnen wir mit Messungen in der Quantenphysik

I: Messungen in der Quantenphysik, was wir da messen sind die Eigenwerte von Operatoren (hermitischen).

Wir können dann $A|p_n\rangle = a_n|p_n\rangle$ machen und bekommen als Messung a_n und wenn wir wissen wollen mit welcher Wahrscheinlichkeit, dann können wir unseren Zustand $|p\rangle = \sum_n c_n |p_n\rangle$ aufspalten. (Hab das ein bisschen seltsamer formuliert und durcheinander gebracht)

M: Ich meine was messen wir.

I: *bisschen verwirrt, hab mich nochmal selbst geordnet* Die Eigenwerte der Operatoren.

M: Genau, wenn wir jetzt nochmal den selben Zustand messen, was passiert dann.

I: Wir messen den selben Eigenwert, weil es zum Kollaps der Wellenfunktion kommt, das bedeutet, wir messen immer das gleiche, wenn wir direkt nach der Messung nochmal messen. Wenn wir was anderes messen würden, also einen anderen Operator, dann wäre das was anderes.

M: Ja, dann müssten wir nochmal von vorne anfangen. (Hat dann umständlich angefangen vom Kollaps der Wellenfunktion zu reden, er fand das irgendwie interessant, aber meinte vor allem, dass es ein Rätsel ist, warum es so ist, aber das es so ist, hat aber keine Frage dazu gestellt)

M:Gehen wir weiter. Wir haben ja eine Schrödingergleichung, wie ist das im Zentralpotential?

I: *Hab die Schrödingergleichung aufgeschrieben* Unsere Schrödingergleichung ist im Zentralpotential zeitunabhängig (ihd_t-> E) und unser Potential nur vom Betrag von r *hab die Separation gemacht in r und Winkel, und weiter erklärt, bis ich u(r) hatte (nachzulesen in Mühlleitner Skript Teo D SS20).

I: Und jetzt habe ich denke ich alles gesagt, was man dazu sagen kann, ohne ein konkretes Potential. *wollte dann schon fast weiter machen, weil er nichts gesagt hat, und habe gemeint, dass u(r) im Unendlichen nicht unendlich werden darf wegen der Normierung, wollte er aber nicht hören, er brauchte nur Zeit sich die nächste Frage auszudenken*

M:Das passt schon so, wir haben da ja jetzt Quantenzahlen, welche haben wir da?

I: Wir haben offensichtlich l (Drehimpulsquantenzahl), und in den Kugelflächenfunktionen auch noch m außerdem bekommen wir noch n

M: *zufrieden* Ja und wie sieht es mit den Energien aus.

I: *war bisschen unsicher weil er es unabhängig vom Wasserstoff wissen wollte* die sind von n und l abhängig (bei Wasserstoff nur von n)

M: Und warum nicht von m?

I:*musste jetzt zum ersten mal wirklich nachdenken* Ich weiß es nicht, aber ich glaube es liegt daran, dass m ja nur die Projektion von l auf die z Achse ist...

M: *ging es zu langsam oder so* was haben sie denn am Anfang für eine Symmetrie

I:*verwirrt sehe mir die Anfangsgleichung an, suche das Wort* Kugelsymmetrie

M:Ja, Kugelsymmetrie, wenn wir jetzt m haben was ja nur in eine Richtung zeigt, dann kann unsere Energie eines kugelsymmetrischen Problems nicht davon abhängen.

I: *sehe ihn an* ja *bisschen traurig gewesen, weil ich da mit der Projektion auch darauf hinaus wollte.

M: Wenn wir jetzt beim Wasserstoff sind.

I: Dann sind die Energien nur von n abhängig.

M: Ja das haben sie schon gesagt, aber warum.

I: Ich weiß nicht warum physikalisch, aber an sich kann man das herleiten, und bekommt dann eine Funktion die Ähnliche einer Exponentialfunktion ist, aber das darf nicht sein, deswegen muss sie abbrechen und dann haben wir nur n übrig.

M:*wollte er nicht hören* es gibt da eine Symmetrie, wie die Kugelsymmetrie, aber weniger offensichtlich, ich weiß auch nicht, ob sie das gemacht haben.

I:Ich weiß es auch nicht.

M: Ja, aber es gibt sie.

I: *hab ihn ein bisschen angestarrt weil was will er?*

M: *ist dann weiter gegangen* Wie motiviert man denn die Drehimpulse im Quantenmechanischen.

I: Das kann man indem man von $L = x \text{ kreuz } p$ ausgeht und dann auf $[L_i, L_j] = i \text{ hquer } L_k$ kommt und von da aus kann man die Gemeinsamen eigenvektoren suchen nicht von L_i, L_j , weil die nicht komutieren, aber von L^2 und L_z *habe dann alles hergeleitet mit Auf und Absteige und der Begrenzung von m sodass am Ende ganz und halbzahlige l rauskamen (wie im Mettelman Skript)

M: Wenn wir jetzt ins relativistische gehen, dann haben wir ja die Schrödingergleichung nicht mehr, was können wir dann machen.

I: Wir können uns die Energiegleichung im relativistischen nehmen und damit einen Ansatz aufstellen $H = mc^2 \beta + c \alpha_i p_i$, damit ist es dann möglich Zeug über β und α_i herauszufinden, wenn wir $E^2 = H^2$ setzen. *alle bedingungen aufgeschrieben* Weil H auch hermitisch sein soll, müssen das α_i und β auch sein, daraus folgt $\text{Tr}(\alpha_i) = 0 = \text{Tr}(\beta_i)$, also muss die Dimension gerade sein *hab den Teil mit +/- als Eigenwerten vergessen hat aber nicht nachgefragt*.

Wir können jetzt in 2D schauen, aber da haben wir nur die Pauli-Matrizen die und die Antikommutatoren erfüllen, also müssen wir in 4D, wir können dann wählen *hingeschrieben*

M: *hat immer noch nichts gesagt*

I: Das schöne ist, dass unsere Gleichung sowohl lorentzinvariant *hab gehofft er sagt dazu nichts weil das konnt ich nicht (kam auch noch nie)* und erfüllt unsere Wahrscheinlichkeitsinterpretation *konnte ich, wollte ich aber eigentlich nicht machen* wollen sie das ich das rechne?

M: *bisschen orientierungslos* Oh, ja, nein ich glaube ihnen, dass sie das können. *sortiert sich noch ein wenig* Was haben wir denn da für etwas worauf das wirkt also unser ψ (hab den Spinor ψ genannt)

I: Auch so das ist ein Spinor, der transformiert anders als ein Vektor, und besteht aus 4 Komponenten, die oberen zwei sind Teilchen die unteren Antiteilchen und jeweils dann eine Spinrichtung (up/down)

M: Wenn wir jetzt im relativistischen sind, dann haben wir doch sicher auch einen nicht relativistischen Limes oder?

I: Natürlich, dazu würde ich erstmal Minimale Kopplung anwenden und ein B Feld einführen.

M: Ja machen sie das.

I: *Hab die Gleichung aufgeschrieben, das ganze umgeformt, siehe Skript von Steinhauser Moderne Theo 2, bin am Ende zur Pauli Gleichung gekommen und als er nichts gesagt hat meinte ich dann* hier kann man noch weiter gehen, wenn wir das Magneteld als homogen annehmen und unseren Spin darstellen als $S = \sigma \text{ hquer } / 2$, habe auch das hingeschrieben und dann über den Term $(L+2S)B$ behauptet da wäre Spin-Bahn drin.

M: Da ist keine Spin Bahn Kopplung, da müssen wir noch weiter gehen.

I: Oh, ja natürlich nicht, aber ich weiß auch nicht wie wir da weiter kommen würden *bisschen lost auf die Gleichung gesehen*

M: *hat es dabei belassen wollte wohl sowieso was anderes machen* Kommen wir zur statistischen Physik.

I: *habe erst mal die Tafel geputzt und weil ich mich dabei unwohl fühlte bisschen was gesagt* statistische Physik ist unser Ansatz um aus der Quantenphysik die Thermodynamik herzuleiten.

M: *hat genickt* Wir haben da ja ein ganz besonders System machen sie mal die Statistik für nicht wechselwirkende Bosonen.

I: *war bisschen verwirrt über die Formulierung habe mich dann aber wieder gefangen und angefangen es herzuleiten* Zuerst nehmen wir die großkanonische Zustandssumme $Z_G \dots N = \sum_p n_p \dots$ (siehe Steinhauser Skript, oder Schwabl statistische Physik)

M: Wie bekommt man daraus die Thermodynamischen Größen?

I: Wir können die alle bekommen, indem wir das Großkanonische Potenzial $\phi_G = -kT \ln(Z_G) = U - TS - \mu N$ verwednen und dann das nach anderen Dingen ableiten und andere festhalten *Zuerst Angst gehabt er will jetzt wirklich Rechnungen sehen, wollte er aber nicht*

M: Und was sind jetzt die wichtigen Größen in dem System?

I: Wie meinen sie das?

M: Es gibt ja unabhängige Variablen für jedes Thermodynamische Potential, welche sind das?

I: *war mir Begrifflich nicht sicher, hab dann auf T, μ und V gezeigt*

M: Genau

M: Wenn wir jetzt die Bose Einstein Verteilung nehmen (wollte davor das Wort für diese Formel wissen, hab einfach richtig Bose Einstein geraten) was unterscheidet sie von zum Beispiel einem Fermi Gas bei tiefen Temperaturen (war umständlich formuliert, wollte aber auf Bose Einstein Kondensation hinaus).

I: Dann kommt es zur Bose Einstein Kondensation, einem makroskopisch besetzten Quantenzustand, dem untersten für $p = 0$. Das kann man herleiten indem man sich $N = \sum_p n_p$ ansieht ... (Herleitung wie im Steinhauser Skript) Wichtig war ihm, dass $\exp(\beta \mu) < 1$ weil $\mu < E_p$ und $E_0 = 0$ *kam bis zu $N = 1/(z-1) + V/\dots$

*

M: wir haben jetzt nicht mehr viel Zeit, es ist ja alles so mathematisch lang herzuleiten, sagen sie mir was passiert dann?

I: Dann kommt es zu einem makroskopisch besetzten Grundzustand (hab die Entsprechende Grafik für N_0/N an die Tafel gemalt)

M: Wie ist das in 1,2 Dimensionen?

I: *bisschen unsicher* liegt an der Ableitung *rumgedruckt*

M: Ja die divergieren in der 1, 2 Dimension

M: *zufrieden* stimmt. Gehen sie bitte kurz raus, damit wie die Note besprechen.