

Fach: Theoretische Physik
---------------------------

PrüferIn: Schmalian
---------------------

<input checked="" type="radio"/> BP <input type="radio"/> NP <input type="radio"/> SF <input type="radio"/> EF <input type="radio"/> NF <input type="radio"/> LA	Datum: 02. Juli 2019	Fachsemester: 8
--	----------------------	-----------------

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: Nöp
---

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Nöp
--

Verwendete Literatur/Skripte: Schmalian Skript Theo D und F, Steinhauser Skript Theo E. Griffith: Quantenmechanik, Callen: Thermodynamik, Schwabl: Quantenmechanik 1 und 2. Die ersten beiden Bücher sind echt zu empfehlen, sehr gut für das Verständnis.
--

Dauer der Vorbereitung: 2 Monate
----------------------------------

Art der Vorbereitung: Erst allein, die letzten zwei Wochen viele Protokolle abgefragt
---

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Erstmal ein paar Protokolle durchgehen und schauen, was so gefragt wird. Herleitungen auf Din A5 Karteikarten schreiben und lernen. Ganz oft überlegen, warum etwas gerade eigentlich gilt und warum etwas gemacht wird. Und viel Zeit für Protokolle abfragen einplanen (zwei Wochen ist gut, eine Woche fände ich knapp noch ok).
---

## Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Lief soweit entspannt. Prüfer ist immer nett und hilft viel weiter wenn man (wie ständig) auf dem Schlauch steht. Viele neue Sachen wurden abgefragt, es war aber ok, dass ich immer überlegen musste und nicht immer die richtigen Antworten gegeben habe.
--

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Prüfer hat etwas Zeit gelassen zum Nachdenken und dann sehr hilfreiche Tipps gegeben.
--

Kommentar zur Prüfung: Sehr schön, bei Schmalian gerne immer wieder.
--

Kommentar zur Benotung: 1.0
-----------------------------

Die Schwierigkeit der Prüfung: Logarithmusgesetze und das Teilchen auf einem Ring.
--

## Die Fragen

P: Prüfer, S: Student

P: Was ist denn eine Wellenfunktion?

S: Mathematisches Konstrukt, Lösung der Schrödingergleichung. Das Betragsquadrat ist dann physikalisch messbar nämlich die Wahrscheinlichkeitsdichte.

P: Schreiben Sie die doch mal hin.

S: Hab ich gemacht, hab gesagt, dass es ein nichtrelativistisches Teilchen ist ohne Magnetfeld.

P: Also hat die Phase der Wellenfunktion überhaupt keine Auswirkung?

S: Doch, die Wahrscheinlichkeitsstromdichte lässt sich über die Phase ausdrücken.

P: Rechnen Sie das doch mal aus.

S: Kein Bock auf Ausrechnen, hab einfach erklärt wie man eine Wellenfunktion  $\psi \cdot e^{i\phi(r,t)}$  einsetzt in die Wahrscheinlichkeitsstromdichte und dann irgendwas mit  $j = \rho \cdot \nabla \phi(r,t)$  rauskommt mit irgendwelchen Konstanten.

P: Ok cool. Was ist denn jetzt die Heisenbergsche Unschärferelation?

S: Hab die allgemeine Form hingeschrieben.

P: Wie sind denn jetzt diese  $\Delta_A$  und  $\Delta_B$  definiert?

S:  $(\Delta_A)^2 = \langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2$

P: Hm aber ist das jetzt auch positiv definit?

S: Jo weil das  $\langle \dots \rangle$  ist ja ein Integral und wenn A jetzt die ganze Zeit positiv ist ist beides eigentlich dasselbe aber wenn A auch negativ ist, kürzen sich beim zweiten halt ein paar negative und ein paar positiven Sachen weg und das ist dann weniger als der erste Term (bisschen inkorrekt, habs aber so gesagt und er meinte ich meine das Richtige).

P: Na gut, jetzt mal zum H.O. Wie kann man denn da ausrechnen, wie genau die Grundenergie aussieht, wenn man das mit der Heisenbergschen Unschärferelation ausrechnen will?

S: Hab angefangen das zu erklären, Potential sorgt für Einschränkung von x, darum Unschärfe in p das für Minimalenergie sorgt.

P: Ja aber im Hamiltonian stehen ja Operatoren und in der Unschärferelation Erwartungswerte und nicht die eigentlichen Operatoren. Rechnen Sie doch mal  $\Delta_x$  und  $\Delta_p$  für den H.O. aus.

S: Zweiter Term verschwindet jeweils weil Symmetrie.

P: Ok, und jetzt?

S: Einsetzen von  $\langle x^2 \rangle = (\Delta_x)^2$  in Hamiltonian des H.O. sodass H von  $\langle p^2 \rangle$  abhängt. Dann ableiten und Null setzen um Grundzustand zu finden.

P: Ja ich sehe dass sie das schon hinkriegen. Und jetzt betrachten wir mal ein Teilchen auf einem Ring. Was ist denn da H?

S: Hingeschrieben:  $H = L_z^2 / 2mR^2$

P: OK, und jetzt ist da ja ein Problem. Weil wir wissen genau, dass L also  $\hbar \cdot m$  ist, also muss die Unschärfe des Winkels phi ja unendlich werden nach der Heisenbergschen Unschärferelation.

S: Mit etwas Hilfe drauf gekommen, dass phi kein vernünftiger Operator ist weil definiert nur von 0 bis  $2\pi$ . Besser ist ein Operator wie  $e^{i\phi}$ . Deswegen das Problem. Er meinte ich hätte ihn anschreien sollen, dass seine Frage kompletter Unsinn gewesen sei weil phi kein vernünftiger Operator ist.

P: So, was wissen Sie denn zur Dirac-Gleichung?

S: Alles ausgespuckt, nachdem er gemerkt hat, dass ich davon Ahnung hatte hat er unterbrochen.

P: Und das Spektrum?

S: Aufgezeichnet, gesagt, dass der Grundzustand bei - unendlich ist und das Ganze natürlich problematisch. An der Stelle hat sich Schmalian erstmal drei Minuten darüber ausgelassen was für eine verrückte Idee das doch sei und wie man bloß auf so einen Unsinn kommen kann, weil dadurch ja jedwede Art von Quantenmechanik eigentlich ein Problem mit extrem vielen Teilchen ist. Ich hab genickt und gelächelt und zustimmende Grunzgeräusche gemacht, das scheint ihm gereicht zu haben.

P: Dann nehmen wir uns mal ein endliches Kastenpotential. Gibt es denn da gebundene Zustände für 1, 2, 3 Dimensionen?

S: Ääääähhh. Ja also in 1D gibt es gebundene Zustände und in 2 und 3D nicht.

P: Ja das ist jetzt aber mal nicht richtig. Zeichnen Sie das doch mal auf und überlegen Sie nochmal, unter welchen Umständen gebundene Zustände existieren und wann nicht?

S: Hab überlegt mit der Heisenbergschen Unschärferelation. Ich erinnere mich nicht mehr so genau was ich gesagt habe, am Ende war aber die Sache, dass Zustände in 1D immer gebunden sind und Zustände in 2D und 3D nicht immer, je nach kinetischer Energie der Teilchen. Das hatte ich mir so grob überlegt gehabt mit der Unschärferelation, aber warum genau das in 1D immer funktioniert und in 2 und 3D nicht wusste ich nicht mehr und Schmalian ist dann weitergegangen.

P: Ok dann jetzt mal Theo F. Wir haben die Energie eines QM Systems die so aussieht:  $E_n = \Delta \cdot \ln(n)$ ,  $\Delta > 0$ ,  $n=1, \dots$ , unendlich. Wie ist denn da die Zustandssumme?

S: Angefangen mit  $1/N! \cdot \sum \{x_i, \pi\} \dots$

P: Ja aber ne, wir wissen schon die Energien und es ist ein QM System, das wir schon gelöst haben, wie sieht die Zustandssumme dann aus?

S: Ah so,  $Z = \sum \{n\} e^{-\beta \Delta \cdot \ln(n)}$ . Dann hab ich das Umformen (Logarithmusgesetze und so) hart verkackt und hab drei Minuten gebraucht um mir zu überlegen wie das dann aussieht, während der Beisitzer bei jedem falschen Versuch gelacht hat. Fand ich aber nicht schlimm, ich wusste dass das etwas lächerlich war und habs dann am Ende hinbekommen.

P: Ok, und was passiert dann?

S: Brauchte etwas Zeit um darauf zu kommen, dass das nicht immer konvergiert.

P: Ok und was ist dann die Bedingung, dass es konvergiert?

S: Stand etwas auf dem Schlauch und hab erst was von geometrischer Reihe überlegt, das ist aber genau andersrum als hier.

P: Ja wenn wir so eine Reihe haben, konvergiert dann  $1/n^3$ ?  $1/n^2$ ?  $1/n$ ?

S: Hab mich an HM erinnert: Ah ja, der Exponent von  $n$  muss größer als 1 sein damit das konvergiert. Hab dann damit die Bedingung  $\beta \cdot \Delta > 1$  aufgeschrieben. Dann in Temperatur geschrieben, hab gemerkt, dass diese Bedingung also eine obere Grenze an die Temperatur stellt.

P: Und was heißt das?

S: Ne Weile nachgedacht, bin drauf gekommen, dass das heißt, dass die Wärmekapazität unendlich wird.

P: War glücklich: Ja genau, die Zustände werden irgendwann so dicht, dass es egal ist wie viel Energie man reinsteckt, die Temperatur steigt nicht mehr. Ok und jetzt 1D Ising Modell?

S: Hab Hamiltonian aufgeschrieben und die Herleitung der Zustandssumme mündlich erklärt.

P: Und die Magnetisierung?

S: Geordneten Zustand nur für  $B=0$ ,  $T=0$ , also nie. Für höhere Dimensionen gibt es einen geordneten Zustand bei  $B=0$  schon für endliche Temperaturen.

P: Physikalisch, woran liegt es, dass die Dimension da eine Rolle spielt und warum gibt es keinen geordneten Zustand in 1D trotz Wechselwirkung?

S: Erklärt, dass in 1D jedes Teilchen nur mit 2 anderen Teilchen wechselwirkt, in 2D schon mit 4 etc. Deshalb reicht in 1D Wechselwirkung nicht aus, in 2D aber schon, da jedes Teilchen mit mehr Teilchen interagiert.

P: Ja Sie meinen da schon grob das Richtige. Gehen Sie mal bitte raus.

Zitat bei der Nachbesprechung: Sie haben es nicht so mit dem Rechnen aber das ist schon ok, das ist nur Handwerkszeug. Die Rettung war, dass ich erkannt habe, dass die Wärmekapazität unendlich wird; weil das recht exotisch und neu war.