

|                           |
|---------------------------|
| 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: 29. August 2016 | 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: Schmalian Skript Theo D, F |
|----------------------------------------------------------|

|                           |
|---------------------------|
| Steinhauser Skript Theo E |
|---------------------------|

|                               |
|-------------------------------|
| Zum Nachschlagen von Details: |
|-------------------------------|

|                                     |
|-------------------------------------|
| Cohen-Tannoudji, Schwabl, Fließbach |
|-------------------------------------|

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

|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| Art der Vorbereitung: allein, am Ende mit anderen |
|---------------------------------------------------|

|                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Auch mit anderen diskutieren, nur so findet man Lücken in der eigenen Argumentation. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Zur Prüfung

|                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wie verlief die Prüfung? In jedes der Teilgebiete lockerer Einstieg mit Grundlagen, dann (mit Ankündigung) zunehmender Schwierigkeitsgrad. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Gibt Hilfestellung, versucht einen zur Antwort zu führen. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                       |
|---------------------------------------|
| Kommentar zur Prüfung: Sehr angenehm. |
|---------------------------------------|

|                             |
|-----------------------------|
| Kommentar zur Benotung: 1,0 |
|-----------------------------|

|                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Die Schwierigkeit der Prüfung: Sich durch kompliziert klingende Fragen nicht aus dem Konzept bringen lassen. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Die Fragen

Theo D

-Was ist die Unschärferelation?

allgemeine UR hingeschrieben, erklärt.

-Schreiben Sie den Hamiltonoperator eines Teilchens auf, dass sich auf einer Kreisbahn bewegt.

-Wie ist es hier mit der Unschärferelation?

Es existieren integrable Impulseigenfunktionen ( $\exp(ik\phi)$ ), allerdings kein Widerspruch:

Der  $[\hat{p}_\phi, \hat{\phi}]$  Kommutator ergibt wie üblich  $\hbar/i$ , aber  $\phi$  mehrwertig, daher noch Deltasingularität ( $-\hbar/i \delta(\phi)$ ).

In der Unschärferelation heben sich diese Terme auf die Impulseigenfunktionen angewandt gerade auf.

Generell noch über Winkel als Observable diskutiert.

-Drehimpulsalgebra aufschreiben

-Hamiltonoperator eines Teilchens im Zentralpotential

$H$  in Kugelkoordinaten hingeschrieben.

-Welche Drehimpulskomponenten kommutieren mit  $H$  und was ist die Konsequenz daraus?

Alle  $L_x$ ,  $L_y$  und  $L_z$ . Allgemein tritt, wenn wie für die  $L_i$   $[H, A] = [H, B] = 0$  und  $[A, B] \neq 0$  Entartung auf.

-Sofort darauf hingewiesen worden, dass 1S-Zustand beim H-Atom nicht entartet.

Behauptung bewiesen und dabei auf diesen Sonderfall eingegangen.

Vorgehen: Gem. EZ  $|a\rangle$  zu  $A$  und  $H$  ( $[A, H] = 0$ ), darauf  $B$  angewandt ergibt einen EZ von  $H$  zum selben Eigenwert ( $[B, H] = 0$ ).  $B|a\rangle$  kann nicht von  $|a\rangle$  linear abhängig sein, daher Entartung.

Allerdings kann  $B|a\rangle$  auch 0 sein (wie beim 1S-Zustand), dann lässt sie so kein neuer Zustand konstruieren.

-Wahrscheinlichkeitsstrom

Hingeschrieben, Bezug zu Phasengradient erwähnt.

-Teilchen im Magnetfeld

Minimale Kopplung, Elektrostatistisches Potential im Hamiltonian.

-Wie ändert sich der Strom?

Term mit Dichte \* Vektorpotential hinzugefügt (Vorfaktor vergessen), mit Eichinvarianz begründet.

-Welche Implikationen ergeben sich durch die Existenz magnetischer Monopole?

Hier zum Glück keine Rechnungen nötig, nur erklären:

Es ist möglich ein VP zu einem coulombartigen B-Feld ( $\mathbf{e}_m \hat{=} \mathbf{r}/r^2$ ) zu finden, jedoch nicht im ganzen Raum (Liniensingularitäten).

Deren Lage ist frei wählbar, d.h. mit zwei verschiedenen geeigneten Potentials lässt sich der gesamte Raum abdecken.

Im jeweiligen Definitionsbereich lässt sich jeweils die SG lösen. Die Definitionsbereiche überschneiden sich, im Schnitt sollte eine Eichung  $\Lambda$  von einer SG zur anderen existieren.

Die Stetigkeit der WF erfordert dabei, da  $\Lambda \sim \mathbf{e}_m \cdot \boldsymbol{\phi}$  (insgesamt Term  $\exp(i \mathbf{e} / \hbar \Lambda)$ ), dass  $\mathbf{e} \cdot \mathbf{e}_m$  Quantisierungsbeziehung erfüllen.

Theo E

-Dirac-Gleichung (hier noch Standard 3 Raumdimensionen)

Motivation:

$$H = \alpha_i p_i c + \beta m c^2$$

Antikommutatorrelationen für  $\alpha_i$  &  $\beta$  herleiten

Konsequenz: keine Zahlen, spurfreie Matrizen gerader Dimension mit EW  $\pm 1$ .

Erwähnt, dass es mit 2D-Matrizen nicht geht, da hier nur 3 Paulimatrizen verfügbar.

-Können Sie das Spektrum skizzieren?

Normale relativistische Dispersionskurve, und negative Energien.

-Wo wäre der Grundzustand (Einteilchen)?

Bei  $-\infty$ , offenbar Widerspruch, daher Dirac-See: alle negativen Energien sind im Vielteilchen-Vakuum besetzt.

-Was passiert bei 2 Raumdimensionen?

Die Paulimatrizen können verwendet werden. In diesem Fall stehen die Spinorkomponenten für Teilchen- und Antiteilchen, kein Spin.

-Was würde passieren wenn man den Dirac-Ansatz verwendet, um die Schrödingergleichung herzuleiten?

Mit Hilfe darauf gekommen, dass sich die Pauli-Gleichung ergibt.

-Sagt Ihnen der Begriff Zitterbewegung etwas?

Teilchen/Antiteilchen-Effekt, verursacht Darwin-Term in FS des H-Atoms.

-Dichtematrix, Reiner- & Mischzustand

Versucht, mich darüber rauszureden, dass wir das in Theo E nicht behandelt hatten und anstelle dessen noch Drehimpulsaddition nachholen mussten.

Darüber aufgeklärt worden, dass Drehimpulsaddition unnötig sei, da Mathematica das für einen macht. Erklärt, Ausdruck für DM hingeschrieben, auf Unterschied zwischen Interferenz aus Superposition und Mischzustand eingegangen.

-Was ist die Motivation den Dichtematrixformalismus aufzustellen?

Wusste ich nicht, habe ziemlich falsch geraten, war aber nicht schlimm.

Theo F

-Bose-Einstein-Kondensation

Makroskopische Besetzung des Grundzustands.

-Kritische Temperatur herleiten

Erst allgemein durchgeführt, dann auf 2D, 3D und klassische Dispersion eingegangen.

Bis hier nur Standards, dann:

-BEC in 2D mit Defektstelle

Versucht Änderung der Dispersionsrelation zu beschreiben.

Erklärt bekommen wie sich die Zustandsdichte ändert. (Konstant wie immer in 2D, mit weiterem Zustand durch Defekt außerhalb des Kontinuums)

Mit viel Hilfe darauf gekommen, dass sich damit neben Integral über das Kontinuum weitere Bosebesetzungszahl für den neuen Zustand außerhalb des Integrals ergibt

(wie in 3D und höher), damit also BEC generell möglich ist.

Dann wieder Standards:

-Landau-Funktional

Phasenübergang, Ordnungsparameter,...

Hier musste ich noch ziemlich viel argumentieren, wieso die Reihenentwicklung der Freien Energie sinnvoll/ erlaubt ist.

-Wie berechnet man den Sprung in der Wärmekapazität?

Erst Fangfrage vermutet, da gedanklich noch bei BEC. Dann hergeleitet, dabei etwas verzettelt, aber doch noch zum Ende gekommen.