

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: 27. Juli 2020	Fachsemester: 6
--	----------------------	-----------------

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D,F,F
---

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? D: Nierste, E: Zeppenfeld, F: Schmalian
---

## Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
---

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
--

Verwendete Literatur/Skripte: Als Einstieg um wieder rein zu kommen Griffiths-Quantenmechanik. Sehr anschaulich und ein paar schöne Herleitungen. Dann Theo D,F Skript von Schmalian und E von Zeppenfeld. Als abschluss noch oft Inernet und Fliessbach als Sekundärlitatur zu rate gezogen.
---

Dauer der Vorbereitung: 4-5 Wochen, so 6-7 Std am Tag.
--

Art der Vorbereitung: zuerst lesen und Sichtung des Materials, dann viel Üben in den letzten beiden Wochen. Prüfungssimulationen sind wichtig. Allerindgs sieht man auch oft Themen in älteren Protokollen, wo es gut sie mal gesehen zu haben. Es kommt oft mal eine Frage bei Schmalian, die etwas aus der Reihe fällt
--

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Am besten einen guten und festen Lernpartner suchen, das hat mir sehr geholfen. Und das Theo D Skript von ihm muss man zum Teil beten können, genauso wie die Dirac GL.
---

## Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Ganz gut, nut Theo F.a hat mich etwas rausgebracht. Allgemein aber ganz okay, trotz maximaler Aufregung.
---

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er hat einen durch Tipps oder umformulierung auf den richtigen weg gebracht. Man hat sich zwischendurch nie irgendwie hilflos gefühlt.
---

Kommentar zur Prüfung: Bin allgemein froh, dass es vorbei ist, aber an sich ein Top Prüfer. Nur ist der Umfang der Fragen sehr groß.
--

Kommentar zur Benotung: 1,7. Hätte er in Theo F was cooleres gefragt locker ne 1.0.
---

Die Schwierigkeit der Prüfung: Ich konnte die allgemine großkanonische Zustandssumme nicht auswendig
--

## Die Fragen

S: Bei wem haben sie denn die bisherigen Theos gehört...?

I: Nierst, Zeppenfeld, Schmalian

S: wie hat es ihnen denn gefallen?

I: offensichtlich gut genug, um bei ihnen die Prüfung zu machen...

S: Dann fangen wir mal an, wie beschreibt man denn ein Spinloses Elektron in einem Magentfeld?

I: [Minimale Kopplung hingeschrieben:  $H = 1/(2m) * (\vec{p} - e/c * \vec{A})^2 + e * \phi$ ]

S: okay, was würde hier denn passieren, wenn wir das Versuchen zu lösen? Nehmen sie dafür  $\phi = 0$  an.

I: Also, wenn wir ein konstantes Magnetfeld annehmen, würden sich Landau Level ausbilden. Das bedeutet, dass das Elektron auf einer Kreisbahn oszillieren würde, was durch einen QM-harm Osz beschrieben werden kann.

S: sehr gut. Können sie mit bitte mal eine charakteristische Länge dieser Oszillation herleiten?

I: Ich kann es versuchen... [Ich habe angefangen mit der bekannten Lamorfrequenz in CGS:  $\omega_L = eB/(m\cdot c)$  und dann Einsetzen in  $F_z = F_{\text{lorentz}}$ , das klappt aber leider nicht, da sich die länge kürzt.]

S: Sehr guter Ansatz, aber leider funktioniert das nicht wie wir sehen. Versuchen sie es doch mal über die Einheiten - Was kommt denn in H alles vor?

I: [Alle Naturkonstanten aufgeschrieben, dabei einmal mit CGS und SI vertan, wichtig ist hierbei, nicht zu vergessen, dass in  $\vec{a}$  ein Tesla steckt, dann etwas herumgerechnet aber nichts Gutes hinbekommen].

S: Denken sie mal etwas einfacher, sie sehen ja in der Klammer in H, dass  $\vec{p}$  und  $e/c\cdot\vec{A}$  die gleiche Einheit haben.

I: Stimmt, dabei hat p die Einheit  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$ .

S: Das ist auch auf jeden Fall nicht falsch, aber sagen wir einfach mal  $h_{\text{quer}}$  ist eine Abstrakte Größe und somit gilt eher p ist  $h_{\text{quer}}$  durch eine Länge.

I: Sehe ich ein. Dann gilt mit der Definition von A auch, dass  $B = A/\text{länge}$  mit der Ableitung der Rotation. [dann kurzes Überlegen Meinerseits]

Beisitzerin: Setzen sie doch mal alles ein.

[Ich hatte nach einem Fauxpas oben ins SI system gewechselt, sodass nun gilt:  $(\vec{p}-e\cdot\vec{A})^2$ . Damit ergab sich nach einigem Überlegen, dass gelten muss,  $[h_{\text{quer}}/a=e\cdot B\cdot a]$  mit a als gesuchte charakteristische Länge]

S: Wie kann man das Ergebnis nun deuten?

I: Naja, wenn man nach a umstellt, sieht man, dass sich a mit  $1/\sqrt{b}$  verändert, der Rest ist konstant.

S: und wenn man jetzt mal die Dimension von  $a^2\cdot B$  betrachtet?

I: genau! Der Magnetische Fluss ist konstant!

S: Richtig, oder anders gesagt: er ist quantisiert. Ich hoffe mal, sie haben jetzt gesehen, dass solche Überlegungen mit Einheiten praktisch sind, besonders wenn man mal ohne SI direkt einzusetzen überlegt.

S: okay, genug davon. Lösen sie mir das Problem mal.

I: [Eichung hingeschrieben, sodass Feld in z-Richtung..., gezeigt dass sich das Problem auf Harm Osz vereinfachen lässt. Alles genau wie im Schmalian Skript.]

S: okay, wie ist das jetzt mit der Entartung?

I: In meiner Eichung ist das Problem komplett in  $k_y$  entartet, also unendlichfach. Allerdings gibt es keine unendlichen Probleme.

S: Genau, können sie die Entartung abschätzen?

I: Ja, kann ich. [Herleitung von der Entartung der Landau Level hingeschrieben, so wie sie im englischen Wikipedia Artikel steht. Dabei hatten wir zwischendurch aneinander vorbeigeredet, da er einmal einen Index von mir nicht richtig gesehen hatte (musste dank Corona wegen Sicherheitsabstand auch an der Tafel schreiben). Das klärte sich jedoch schnell. Dabei wollte er glaube ich nur hören, dass die Entartung mit der Fläche, also  $L_x\cdot L_y$  zusammenhängt].

S: Okay, das passt.

S: Nun zur Diracgleichung.

I: [Hingeschrieben, Eigenschaften der Alphas und Betas genannt, sowie die Tatsache, dass diese normal  $4\times 4$  Matrizen sind, aber auch andere Objekte sein können]

S: okay, können sie schnell skizzieren, woher diese folgen?

I: ja. Im Prinzip will man bei  $E^2 = m^2\cdot c^4 + p^2\cdot c^2$  herauskommen. Wenn man die Diracgleichung quadriert, dann sorgen die Eigenschaften von Alpha und Beta dafür, dass das funktioniert.

S: okay, wie deutet man denn das Psi in der Diracgleichung?

I: [erklärt, dass durch das Beta eine Deutung für Teilchen und Antiteilchen gelingt (dann negative Energie in unterem 2er Spinor) und durch nichtrelativistischen Grenzfall in Pauli Gleichung ist Deutung als Spin möglich]

S: Wie ist es denn, wenn wir insgesamt nur 2D haben, wie sehen die alphas und betas aus?

I: Dann haben wir nur 3 Matrizen, die Pauli Matrizen. Dabei wird beta zu  $\sigma_z$  und alpha besteht aus  $\sigma_x$  und  $\sigma_y$ .

S: nun der wahrscheinlichkeitsstrom, wie sieht dieser aus bei der Pauligleichung?

I: [auswendig hingeschrieben wie im zeppenfeld Skript, nur bei den Vorfaktoren war ich mir nicht ganz sicher, aber Schmalian war zufrieden und hat diese noch kurz ergänzt]

S: Okay, sehr gut, nun zu Statistische Physik. Wie leitet man denn nun die Zustandssumme eines idealen Bosonen Gases her?

I: Okay, also bei der großkanonischen ZS kann Energie und Teilchenzahl fluktuieren. Das kann man durch lagrangemultiplikatoren ausdrücken...

S: Okay, ganz so weit zurück müssen wir dann doch nicht. Fangen sie am besten mal an mit  $Z=...$

I: Okay. [angefangen eine allgemeine Form hinzuschreiben. Dabei oft vertan und Notation vertauscht (Theo F.a ist nicht meine Stärke)]

S [es ging gerade um den Term im Exponenten]: Überlegen sie doch mal. Über was müssen wir hier summieren. Denken sie an die quantenzahlen, von welchen ein Bosegas abhängen kann.

I: naja, es geht im Prinzip darum, wie viele Teilchen in einem Zustand mit einer Energie sind. [Nach einigen Tipps kam ich dann auf die Form:  $Z = \prod_p \sum_{n_p=0}^{\infty} \exp\{-\beta n_p (E_p - \mu)\}$ ]  
Dann kann ich noch die geometrische Reihe anwenden und habe die großkanonische Zustandssumme dastehen.

S: [wollte, dass ich noch einmal interpretiere was  $n_p$  ist]

I: Das drückt aus, wie viele Teilchen gerade im Zustand  $p$  sind. Darüber wird dann in allen möglichen Konfigurationen summiert in der Zustandssumme.

S: Okay, das passt. Letztes Thema. Erzählen sie mir doch mal etwas zur Van der Waals Gasgleichung (also reales Gas)

I: [Formel hingeschrieben und verbal klassische Herleitung nach dem 2020 Schmalian Theo\_F.b Skript beschrieben]

S [zufrieden]: Sehr gut, dann zeichnen sie mal ein paar Isothermen ein.

I: [zeichne PV Diagramm] Okay, für hohe  $T$  sieht das ganze ähnlich einem idealen Gas aus, für  $T < T_c$  gibt es einen Bereich mit positiver Steigung. Das ergibt allerdings nicht so viel Sinn. Denn ein Druck, der für ein größer werdendes Volumen ansteigt, lässt sich nicht so einfach erklären. Deswegen wird die Maxwellkonstruktion eingeführt und mit dieser ein Phasenübergang erklärt (auch hier wieder ein Verweis für den Leser an der 2020 Schmalian Theo\_F.b Skript).

S: So, letzte Frage: wie könnte man noch Argumentieren, dass  $dp/dV > 0$  unphysikalisch ist? Bzw, was denken sie welcher Hauptsatz der Thermodynamik das verbietet?

I: Also ein begründeter Tipp wäre der zweite, also dass Entropie ansteigt und nicht alle Wärme zu Arbeit werden kann. [weiter begründen musste ich das tatsächlich zum Glück nicht].

S: Da muss ich kurz selbst überlegen... ja, ich glaube das könnte man vor Gericht so durchboxen wenn man es darauf anlegt... (Ich glaube er wollte hier was anderes hören, aber weiß leider nicht genau was)

I: Ist das jetzt der Punkt wo ich kurz rausgehen muss?

S [grinsend]: ja

Abschließender Kommentar von S: Meine Prüfung war soweit ganz gut und ich war auch auf dem Weg zur 1.0. Die Abschätzungen am Anfang mit der Länge haben war etwas gedauert, waren aber nicht schlecht. Das war auch einfach als Lektion gedacht, was man damit alles anstellen kann. Hier gab es noch keinen Punktabzug. Auch Dirac habe ich gut gemeistert. Nur bei der Herleitung von der Zustandssumme ging es dann bergab. Das lang einerseits daran, dass ich nicht mehr alles im Kopf hatte und diese Herleitung so noch nie so gefragt wurde glaube ich, zum anderen hatte ich mich etwas blöd angestellt und wusste manchmal nicht worauf er hinaus wollte.