

Gedächtnisprotokoll Diplomprüfung Theoretische Physik

Prüfer Professor Martin Zirnbauer, Beisitzer Dipl.-Phys. Andreas Kemper

14.10.2002

Dauer: 45 Minuten
Note: 1,3
Prüfungsstoff: Skripten zur Elektrodynamik von Zirnbauer, Statistischen Physik von Zittartz, Quantenmechanik von Nattermann.

Inoffiziell und ohne Gewähr auf Richtigkeit und/oder Vollständigkeit.

Stil: Professor Zirnbauer ist ein ruhiger Prüfer, der Zeit zum Nachdenken läßt, und abgestuft Hilfestellung gibt. Er läßt nicht zu, daß Fragen nicht beantwortet werden; wenn nötig, hilft er auch zehnmal. Zur Elektrodynamik hatte er noch einen offenen Ordner vor sich liegen, die restliche Prüfung hat er frei referiert und gefragt.

Fragen sind zunächst allgemeiner Art. Sie beginnen meist mit einigen einleitenden Worten, dann der Aufforderung: "Referieren Sie über...". In (Denk-)Pausen während des Referats werden dann speziellere Fragen eingeschoben oder die Richtung des Vortrags korrigiert. Freies Sprechen, Kenntnis von Zusammenhängen und "physikalisches Verständnis" (was mir etwas abgeht) ist gefragt. Es ist allerdings möglich, daß dieser Prüfungsstil in anderen Fällen abweicht. Wie auch an diesem Protokoll zu erkennen ist, rede ich gerne und viel, und vielleicht sollte darauf eingegangen werden.

Themen sind Standardthemen, besondere Bindung an die Vorlesungsskripten war nicht zu erkennen. Spezieller wurde es nur bei aktuellem Interesse (Bose-Einstein-Kondensation) und in der Elektrodynamik. Es wurde auch eine Denkfrage gestellt, hier scheiterte ich besonders kläglich.

Lautes Denken, welches anderweitig empfohlen worden war, hat sich nicht als hilfreich erwiesen. Es gibt selten eine Reaktion, aus der man auf die Richtigkeit oder Falschheit der gegebenen Antwort hätte schließen können.

Die Elektrodynamik machte den geringsten Anteil der Prüfung aus. Andreas Kemper meinte allerdings, daß dies an meiner Sicherheit in diesem Bereich gelegen hätte.

Die Benotung ist sehr fair. Angesichts der schwachen Leistung gerade in der Statistik . . . Gut, daß ich kein Mitspracherecht habe.

Einiges hier steht im Kontrast zu den älteren verfügbaren Protokollen, weshalb dieser Ab-

schnitt etwas länger geworden ist.

Fragen zur Elektrodynamik: Referieren Sie zu Symmetrieen und Erhaltungsgrößen in der Elektrodynamik!

Antwort: Zusammenfassung der relevanten Teile des letzten Kapitels des ED-Skripts. Unsicherheit bei der Matrixdarstellung der Lorentztransformation: $\tanh \alpha = v/c$ oder $\tanh \alpha = \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Darauf Zusatzfrage: Wie sieht \tanh aus? Ich konstruiere über \sinh und \cosh . Aufforderung, jetzt die richtige Antwort zu geben, worauf ich allerdings die falsche gab.

Zusatzfrage: Welchen Grad hat die Form \dot{u} aus $\int_{M_4} (\dot{u} + ds) = 0$? Antwort: 4, da sie aus der Ableitung der 3-Form T_ξ kommt und außerdem über eine 4-Kette integriert wird, war falsch, da er mich nur darauf hinweisen wollte, daß M_4 an dieser Stelle falsch ist.

Technische Zusatzfrage: Was muß erfüllt sein, damit $dT_\xi = \iota_\xi F \wedge J$ gefolgert werden darf? (Lieableitung und Hodge-Sternoperator vertauschen) Warum ist das so? Wenn ξ erzeugendes Vektorfeld einer Lorentztransformation ist, bleibt das Skalarprodukt erhalten, und somit auch der Sternoperator.

Fragen zur Quantenmechanik: Referieren Sie zum Korrespondenzprinzip! (Über Ort- und Impulsdarstellung, Hamiltonfunktion \rightarrow Hamiltonoperator geredet)

Zusatzfrage: Warum macht man die Korrespondenz gerade so? Antwort: Man will Teilchen durch Wellenpakete beschreiben und möchte die Schrödingergleichung gerne zur Wellengleichung machen. Warum \hbar/i ? Warum nicht $10\hbar$? Antwort: "Weil \hbar gerade so festgelegt ist" war nicht genehm, auch nicht mein Gefasel zur Form einer Welle im \mathbb{C} ($\Rightarrow i$ beim Ableiten) und \hbar als Quantisierungsmittel von Photonenenergieen und Zuständen des harmonischen Oszillators. Ziel der Frage war $[\hat{p}, \hat{x}] = \frac{\hbar}{i}$. Fein.

Referieren Sie zum Wasserstoffatom! Die Darstellung sollte auch das Energiespektrum beinhalten! (Dieser Aufforderung hätte es nicht bedurft ;))

Zur Antwort ist nichts zu schreiben, außer daß der elektrische Anteil im Hamiltonian $e\phi$ oder e^2/r ist, aber nicht $e\phi/r$. Man sollte auch nicht versuchen, die Formel durch Einführen einer "quantisierten Länge" ρ über $r/a_0 = n\rho$ zu retten. Insbesondere, wenn man im Rest des Hamiltonians konsequent r verwendet hat. Weitere Bemerkung: Der Radialanteil heißt Radialanteil und nicht Ortsanteil.

Frage: Schätzen Sie ab, wie tief ein Potentialtopf sein muß, um gebundene Zustände zu ermöglichen. Meine Unfähigkeit, diese Frage in der geforderten Weise zu beantworten (nix rechnen), hat mich für den Rest der Prüfung ob der vermeintlichen Einfachheit der Frage etwas runtergezogen. In der Nachbesprechung wurde die Frage allerdings aus der Bewertung ausgeklammert-weil zu schwer. Fein.

Fragen zur Statistischen Physik: Aus aktuellem Anlaß (Nobelpreis 2001 u.a. für W. Ketterle, Bose-Einstein-Kondensation) soll es um Bosegas gehen. Aufforderung: Schreiben Sie mal die großkanonische Zustandssumme für ein ideales Bosegas hin!

Ich, nach der Potentialtopfkatastrophe schon ziemlich neben mir sitzend, komme nach einigem Rumdrucksen auf: “Ah ja, die faktorisierte, das war wichtig!” (Zirnbauer: Warum faktorisiert die? Verschwindende Wechselwirkung der Teilchen wäre die Antwort gewesen.) und male $\prod_i (1 - e^{\beta\epsilon_i})^{-1}$. Dazu schwatze ich resigniert von fehlender Teilchenzahlerhaltung. Zirnbauer: “Uh-oh”. Ich wurde dann gezwungen, das Chaos einigermaßen zu beseitigen.

Frage: Erzählen Sie was zur thermischen de Broglie-Wellenlänge! Hier bin ich völlig eingeknickt. Ich hatte mir die Formel nicht gemerkt, weil ich sie ja über die klassische Näherung für die kanonische Zustandssumme innerhalb von Sekunden hätte herleiten können; aber das war hier weder gefragt noch habe ich mich getraut, im Bose-Kontext mit klassischen Näherungen anzufangen. Ich habe es dann auch unterlassen, jegliches andere Wissen über λ loszuwerden. Den Schrecken meiner Formel-Rat-Versuche gebe ich nicht wieder.

Letzte Frage: Erzählen Sie zur Bose-Einstein-Kondensation und kritischen Temperatur! Ich gab eine größtenteils sinnvolle Antwort über Phononen (die ich einmal Photonen nannte), Rotonen, zugeordnete träge Masse, Massenerhaltung und kritische Temperatur. Außerdem—aber das war nicht gefragt—redete ich noch über v_{krit} .

Kommt da etwa noch was?? Ja, Tips. Übt Ausdauer! Konzentriert Euch immer auf die nächste Frage! Nehmt Abschätzungen von charakteristischen Größen, Dimensionsanalysen und andere nicht-exakte Plausibilitätsüberlegungen ernst! Es geht nicht immer darum, das richtige Ergebnis zu erhalten, sondern nur, wenn es den Aufwand rechtfertigt.

Beim Lernen: Kümmert Euch nicht um Rechnungen! Wenn wichtige Annahmen oder Voraussetzungen eingehen, werden die gesondert aufgeführt. Im wesentlichen wird Faktenwissen geprüft.

Und schreibt Protokolle! Menschen wie mir helfen sie—wenn sie einigermaßen aktuell sind.

Viel Glück!