

Daten

Prüfer: Dr. Bernard Metsch

Prüfungsbezeichnung: Nebenfachprüfung über theoretische Physik II

Prüfungstoff: Skripte zur Elektrodynamik und Quantentheorie I

Bezugsquelle: www.itkp.uni-bonn.de/scripts.html

Prüfungstermin: 23.07.2008

Prüfungsdauer: 55 Minuten

Note: 1.0

Beisitzer: (Hat sich nicht vorgestellt)

Prüfungsverlauf

„Erzählen Sie mal etwas Schönes!“ Auf diesen Einstieg hatte ich gehofft und erklärte, wie man durch Integration über raumartige Flächen Erhaltungsgrößen gewinnt. Dabei stellte der Prüfer häufig recht einfache Zwischenfragen, unter anderem nach der Volumenform („schiefer Tensor“ wollte er hören). Zu dem Vektorfeld Y mit $\frac{\partial}{\partial x^\mu} Y_\nu + \frac{\partial}{\partial x^\nu} Y_\mu = 0$ stellte er tiefergehende Fragen. Wenn man $Y_\nu = a_\nu + \omega_\nu^\mu x_\mu$ wählt, was gilt dann für ω (schief), welche Dimension hat diese Lie-Algebra (10), welche Lie-Gruppe wird davon erzeugt (die Poincaré-Gruppe), wie viele Parameter hat diese Lie-Gruppe (10), was hat das mit der Exponentialabbildung zu tun, ...? Dazu konnte ich nicht viel erklären, aber die Grundlagen reichten ihm völlig. Dass die Anzahl der Parameter gleich der Anzahl der Erhaltungsgrößen ist, war ihm wichtig. Zum Abschluss des Themas sollte ich den Schwerpunktsatz erklären.

„Wie findet man zu einer gegebenen Viererstromdichte den Feldstärketensor?“ Nachdem ich den Inhalt des Skriptes wiedergeben ($dF = 0$, $\square A = \frac{4\pi}{c} J$, Eichfreiheit, Lorenzgleichung, retardierte Potentiale, Liénard-Wiechert-Potential) und vom Prüfer erfahren hatte, dass die Lorentz-Transformation und die Lorenz-Eichung nach verschiedenen Personen benannt sind, fragte er einige Dinge, die in seiner Vorlesung behandelt werden und nicht im Skript stehen: Randbedingungen bei der inhomogenen Wellengleichung, Eindeutigkeit der Lösung, Wellenlösungen usw. Dazu konnte ich nicht viel sagen, das war ihm aber egal.

„Wie beschreibt man quantenmechanisch ein Teilchen im elektromagnetischen Feld?“ Hamilton-Operator:

$$H_{op} = \frac{1}{2m} \left(p - \frac{q}{c} A \right)^2 + q\Phi.$$

Wenn man das Quadrat ausrechnet, sieht man, welche Terme durch geschicktes Eichen von A wegfallen. Ich erklärte die Eichtransformationen der Wellenfunktion, die Phasenfreiheit und die Pauli-Gleichung. Die Bilinearität der Aufenthaltswahrscheinlichkeit in

der Wellenfunktion war ihm besonders wichtig. Er legt Wert darauf, dass man in der Quantenmechanik also Äquivalenzklassen von Wellenfunktionen betrachten kann, da die Phase keine physikalische Relevanz hat. Dann erklärte ich auf seine Aufforderung hin den Stern-Gerlach-Versuch und den Zeeman-Effekt und in diesem Zusammenhang die Laufbereiche der Quantenzahlen, die Erweiterung des Hilbertraums samt Skalarprodukt und die Paulimatrizen. Jetzt begann der spannende Teil der Prüfung. Wir haben uns zusammen überlegt, wie man Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchen beschreibt ($\psi : \mathbb{R}^{3N} \rightarrow \bigotimes^N \mathbb{C}^{18}$). Die Frage nach der Existenz von Spin-1-Teilchen konnte ich beantworten (Ortho-Helium), woraufhin mir der Prüfer erklärte, dass alle beobachteten Spin-1-Teilchen entweder keine Ruhemasse haben (Photonen) oder zusammengesetzt sind (ρ -Mesonen). Pionen dagegen haben Isospin 1 und Spin 0. Davon verstehe ich gar nichts.

„Wie beschreibt man 90-fach gestripptes Uran?“ Uran hat die Kernladung 92, also ist das Problem dem Helium verwandt. Herr Dr. Metsch erklärte mir zuerst, dass man erst „nacktes“ Uran herstellt und dann wieder zwei Elektronen hinzufügt (in Darmstadt). Da die Bindungsenergie quadratisch in der Kernladung ist, liegt hier die tiefste Bindungsenergie bei ca. -10^5 eV. Da ich das ohne zu Zögern gesagt hatte, ließ der Prüfer mich dann anhand eines Größenordnungsvergleichs mit der Ruheenergie des Elektrons abschätzen, ob man relativistisch rechnen muss. Dank Anfängerpraktikum konnte ich ihm alles vorrechnen und die Frage eindeutig mit *Ja* beantworten. Also kehrten wir zum Helium zurück. Der übliche Ablauf (Produktansatz, Summe der Eigenenergien, Pauliprinzip führt auf antisymmetrische Gesamtwellenfunktion, Konstruktion im Orts- und Spinanteil einzeln durchführen, richtige Kombinationen bilden) war schnell durchgesprochen, auch die Störungsrechnung wurde nur gestreift. Interessant fand er die physikalische Interpretation der Antisymmetrie im Ortsanteil: Die Coulombabstoßung ist dann geringer. Deswegen ist Ortho-Helium energetisch gegenüber Parahelium bevorzugt. Zuletzt ging es noch um den Zeeman-Effekt bei Helium, der natürlich vom Gesamtspin abhängig entweder vorhanden oder nicht vorhanden ist.

Kommentar

Die Prüfung war sehr gerecht und ruhig. Herr Dr. Metsch hat mich mehrmals ermutigt, meine eigenen Gedanken zu äußern, was mir gefallen hat. Ich kann die Prüfung sehr empfehlen. Zum Schluss noch zwei Sprüche des Prüfers: „Mathematik und Physik, das verhält sich wie reich und glücklich!“ und „Es gibt zwei Arten von Mathematikern: Die einen verstehen nichts von Zahlen und die anderen verstehen nichts von Differentialgleichungen!“ Ich vermute, dass dies nicht sein wirkliches Bild von Mathematikern widerspiegelt.