

Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Mirlin

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 14. Juni 2023	Fachsemester: 8
--	----------------------	-----------------

Welche Vorlesungen wurden geprüft? TheoD, E, Fa/b

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? TheoFa/b
--

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
--

Verwendete Literatur/Skripte: TheoD: Skripte von Schmalian und Shnirman, ergänzt durch Schwabl
--

TheoE: Vorlesung von Melnikov, ergänzt durch Schwabl
--

TheoFa/b: Skript von Mirlin

Dauer der Vorbereitung: etwa 4 Wochen

Art der Vorbereitung: alleine

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Insbesondere die großen Rechnungen können. Sich im voraus überlegen, was man zu einem Thema erzählen möchte, da Mirlin einem viel Zeit gibt, zu reden.
--

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Mirlin gibt Themen vor, zu denen man erstmal etwas erzählt. Entweder er ist dann zufrieden und leitet zu einem anderen Thema über, oder stellt ein paar Nachfragen.
--

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Bei wenigen Rechnungen war ich mir nicht ganz sicher, ob das stimmt bzw. hab kleine Fehler gemacht. Mirlin hat bestätigt, falls es doch richtig war und mir Tipps gegeben, wo ich korrigieren muss.
--

Kommentar zur Prüfung: Eigentlich relativ entspannt, durch kleine Fehler und Unsicherheiten habe ich mich stressen lassen, aber Mirlin hat immer wieder Bestätigung gezeigt und mich beruhigt.
--

Kommentar zur Benotung: 1,0. Begründet dadurch, dass ich zwar ein paar Fehler gemacht habe und nicht sofort darauf gekommen bin, aber dann mit Nachdenken immer zum Richtigen gefunden habe. Er meinte auch, dass man nicht alles immer sofort wissen kann und ich ihm auch gezeigt habe, dass ich Denken kann.

Die Schwierigkeit der Prüfung: Eigene Verwirrung und teilweise nicht genau wissen, was in der Rechnung der nächste Schritt ist.

Die Fragen

M: Machen Sie mal den Ansatz zum Zentralpotential und leiten Sie die Radialgleichung her. Zeitunabhängige Schrödingergleichung angenommen. Impulsoperator in Radial- und Winkelanteil umgeschrieben. Drehimpulsoperator eingesetzt. Produktansatz für $\Psi = R(r) \cdot Y(\theta, \phi)$ gemacht. Variablen separiert. Gesagt, dass Winkelteil durch Kugelflächenfunktionen gelöst wird und Eigenwertgleichung und Eigenwerte hingeschrieben. Dann Radialteil angeschaut und $R(r) = u(r) / r$ angesetzt. Beim einsetzen und umformen

kurz verrechnet. Mirlin hat mir hier geholfen und den Tipp gegeben, dass man den Ansatz macht, damit für $u(r)$ eine Schrödingergleichung rauskommt. Nochmal die Rechnung genauer angeguckt und dann die richtige Radialgleichung aufgeschrieben.

M: Welche Quantenzahlen gibt es? Und wie ist das mit der Energie?

Quantenzahlen: n , l , m . Energie nicht abhängig von m . Beim Coulombpotential auch nicht abh. von l , da es durch das Potential eine neue Erhaltungsgröße, der Runge-Lenz-Vektor, eingeführt wird.

M: Was kann man quantenmechanisch mit dem Drehimpuls machen?

Drehimpuls ist $L = r \times p$. Eigenwertgleichung und Eigenwerte für L^2 und L_i hingeschrieben. Kommutatoren für L^2 , L_i , L_j hingeschrieben und erwähnt, dass man dann gemeinsame Basis definieren kann, allgemein L^2 und L_z . Auf- und Absteigeoperatoren definiert. Kommutatoren mit L_+ , L_- , L^2 , L_z hingeschrieben. Dann gesagt, dass man im Ortsraum nun die Eigenfunktionen bestimmen kann.

M: Man kann algebraisch noch weiter gehen, ohne im Ortsraum zu sein. Wie würde man die Eigenwerte bestimmen? Nach etwas nachdenken darauf gekommen, die Norm von $L_+ |l, m\rangle$ zu berechnen und zu sagen $\langle l, m | L_- L_+ |l, m\rangle = |c_n|^2 \geq 0$. Daraus gesagt, dass $|m| \leq l$, man kommt in ± 1 Schritten von $m_{\max} = l$ zu $m_{\min} = -l$ und daraus folgt, dass l halb- oder ganzzahlig sein muss.

M: Was gibt es für halbzahlige Drehimpulse?

Spins sind halbzahlig.

M: Ja genau, was gibt es da für eine Gleichung?

Die Dirac-Gleichung.

M: Leiten Sie die Mal her.

(Analog zu Melnikov) Ansatz für $H = c \alpha p + \beta m c^2$ gemacht und relativistische Energie-Impuls-Relation hingeschrieben. Gefordert, dass $H^2 = E^2$. Daraus Bedingungen für α und β hergeleitet. Wollte diese nun umformen. Ich wollte $p_i p_j \alpha_i \alpha_j$ antisymmetrisieren. Er hat mich aber im Wort unterbrochen und gesagt, er versteht es nicht und mir versucht Tipps zu geben. Hat irgendwas gesagt zu "Was passiert, wenn man jetzt die x - und y -Komponente anschaut?" Nach etwas planlosem Rumraten und nicht verstehen einfach das Ergebnis $\alpha_i \alpha_j = 2 \delta_{ij}$ hingeschrieben und gemeint, das wollte ich zeigen. Hat mich dann weiter machen lassen. Dann über die Spur $\text{tr}(\alpha_i) = \text{tr}(\beta \alpha_i \beta) = \sum \lambda_m$ gezeigt, dass es gleich viele positive wie negative Eigenwerte gibt (da $\alpha_i^2 = \beta^2 = 1$). D.h. gerade Dimensionalität. In 2d nur 3 Pauli-Matrizen, also sind α und β 4 Dimensional. Ergebnis für α und β hingeschrieben.

M: Wir haben ja jetzt für die Wellenfunktion 4 Komponenten. Für was stehen die physikalisch?

Erste zwei Komponenten für Teilchen mit Spin up und down. Letzte zwei für Antiteilchen mit Spin up und down.

M: Was passiert, wenn wir uns ein nicht-relativistisches Teilchen anschauen? Skizzieren Sie die Herleitung. Ansatz $\psi = e^{-i E t / \hbar} (\phi, \chi)$ gemacht. In Dirac-Gleichung eingesetzt und von links mit β multipliziert. Entstehende Matrix hingeschrieben. Eine Gleichung nach χ aufgelöst und nicht-relativistische Näherung gemacht ($E = mc^2 + p^2/2m$ und $eA_0 \ll mc^2$). Dann versehentlich beide eA_0 -Terme weggargumentiert. Dort hat er mir nochmal geholfen und gesagt, dass nicht beide wegfallen, sondern nur einer. Ich hab nochmal kurz nachgedacht und dann den richtigen rausgestrichen. Dann macht man noch die Ersetzung $p \rightarrow p - e/c A = \pi$, und rechnet $(\sigma, \pi)^2$ aus. Wollte die Rechnung anfangen, er meinte dann, ich soll ihm das Ergebnis sagen. Wage formuliert, dass dann p^2 und σB rauskommen soll.

M: Nun kommen wir zur statistischen Physik. Leiten Sie die Thermodynamik von Bosonen her.

Großkanonisches Ensemble. E und N hingeschrieben. Dann großkanonische Zustandssumme angeschrieben.

In Ω eingesetzt und ausgerechnet. Gesagt, daraus lässt sich $S = -(\partial \Omega / \partial T)$ berechnen. Dann $N = -(\partial \Omega / \partial \mu)$ ausgerechnet und Bose-Funktion eingeführt.

M: Was passiert mit den Bosonen in bestimmten Dimensionen?

Wenn die abgekühlt werden, entsteht Bose-Einstein-Kondensation. Dichte aufgeschrieben $n = n_0 + \int n_b$. Falls das Integral konvergiert, entsteht BEK. Es gilt $n(\mu) \leq n(\mu=0)$. Dann allgemeine Dispersionsrelation $E \sim p^\gamma$ angesetzt. Daraus folgt $n \sim E^{(d/\gamma - 1)}$. Das in das Integral eingesetzt. Aufgeteilt von 0 bis 1 und von 1 bis unendlich. Zweiter Teil ist gerade Gamma-Funktion und konvergiert. Dann im ersten Teil für kleine x genähert ($e^x = 1 + x$). Gesagt, das konvergiert, wenn $d/\gamma > 2$.

M: Das stimmt nicht ganz. Was passiert z.B. für $x^{(-1/2)}$?

Das konvergiert. Also muss $d/\gamma > 1$ sein.

M: Die letzten 5min. Erzählen Sie mir schnell was zur Ginzburg-Landau-Theorie.

Hab ihm Landau-Theorie hergeleitet. Großkanonische Zustandssumme als $\int D\phi e^{(-\beta F)}$ mit dem freien Energiefunktional. Sattelpunktsnäherung erwähnt. Da die Theorie lokal ist, gilt $F = \int d^d r f$ mit der Energiedichte. ϕ ist klein in der Nähe des Phasenübergangs, also kann f entwickelt werden $f = t/2 \phi^2 + b \phi^4 + |\nabla \phi|^2 - h \phi$ mit h konjugiertem Feld h und $t = a(T - T_c)$.

M: Was macht man jetzt mit der Theorie?

Sie ist phänomenologisch und beschreibt Phasenübergänge und insbesondere das Verhalten von Systemen in der Nähe von Phasenübergängen. Einige Größen lassen sich mit kritischen Exponenten darstellen.

M: Können Sie einen berechnen?

Den für ϕ berechnet. f ist minimal am Phasenübergang, d.h. $df/d\phi = 0$. Für $h=0$ nach ϕ_0 umgestellt und aufgeschrieben $\phi_0 = \pm \sqrt{|t| / 4b}$

M: Nennen Sie mir ein Beispiel für einen Phasenübergang.

Tritt im Ising-Modell auf.

M: Was ist da der Ordnungsparameter?

Die Magnetisierung.

M: Vielen Dank