Fach: Theoretische Physik

PrüferIn: Mirlin

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA	Datum: 06. Oktober 2022	Fachsemester: 6

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Theo D, Theo E, Theo F a,b

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? F a,b

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: Theo D Schmalian, Theo E Melnikov, Theo Fa+b Mirlin Skript, Fließbach, Relativistik bisschen aus Steinhauser

Dauer der Vorbereitung: 6 Wochen, erste 2 Wochen relativ locker und auch am Schluss wieder relativ locker, weil ich eigentlich seine Standardfragen konnte und auch drumherum aus meiner Sicht genug

Art der Vorbereitung: erste 4 Wochen Karteikarten zu allen wichtigen Themen erstellt und parallel schon teilweise gelernt und dabei immer wieder durchgerechnet In den letzten 4 Wochen mehrmals mit anderen zum Abfragen getroffen

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Theo E Streutheorie (bis auf Fermis Goldene Regel) muss man nicht wirklich ausführlich lernen, Mirlin hat wenig Variation in seinen Theo E Fragen, Mirlin will nicht unbedingt alles kleinschrittig ausgerechnet kriegen, vor allem bei trivialen Rechnungen, wie irgendwelchen Kommutatoren kann man ohne Probleme abkürzen

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehme Atmosphäre,

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? bei kleinen Fehlern, wie relevanten Vorzeichen weist der Prüfer darauf hin bei Schwierigkeiten, wenn man nicht direkt weiß, was er genau will gibt er Hinweise und versucht einen durchzulotsen, bis man versteht, was er will

Kommentar zur Prüfung: empfehlenswert

Kommentar zur Benotung: 1,0 sehr zufrieden

Die Schwierigkeit der Prüfung: viel Stoff und man sollte bei seinen Standardthemen sowohl die Herleitung, als auch ungefähr die Ergebnisse kennen, weil er nicht immer die ganze Rechnung hören will

Die Fragen

P: Wir beginnen mit dem Zentralpotential

S: Zentralpotential gerechnet, mit $p^2 = p_r^2 + L^2/r^2$ eingesetzt kurz Separationsansatz hingeschrieben

$\Psi = Y_{lm} * R(r)$, und $L^2 Y_{lm} = \hbar^2 l(l+1)$ eingestezt und Lösung hingeschrieben

P: Ok, jetzt hatten wir schon den Drehimpuls, wie kann man allgemein die Theorie von Drehimpulsen machen?

S: Allgemeine Definition des Drehimpulses hingeschrieben, Ansatz $[J^2, J_i] = 0$, $J_{\pm}$ eingeführt und $J_z J_{\pm} |m\rangle$ berechnet, dann J^2 in $J_{\pm}$ und J_z geschrieben und EW von J^2 berechnet und erklärt, dass j ganz- oder halbzahlig sein muss weil Anzahl der Zst. $2j+1$ eine natürliche Zahl sein soll

P: Was ist das L im Zentralpotential dann?

S: Das ist ganzzahlig, weil es der normale Bahndrehimpuls ist, halbzahliges j tritt bei intrinsischen Spins auf

P: Ok, jetzt wollen wir die halbzahligen Spins näher anschauen und nutzen dafür die Dirac-Gleichung, können Sie die motivieren?

S: Erklärt, warum wir Dirac-Gleichung brauchen (Lorenzinvarianz, rel. Dispersionsrelation), erstmal Klein-Gordon-Gleichung hergeleitet, dann mit Erklärung, dass wir auch DGL 1. Ordnung haben wollen Dirac-Gleichung hergeleitet, zwischendrin gesagt, $\alpha^2 = \text{Einheitsmatrix}$

P: Verstehe ich nicht

S: Habe dann $(p \cdot \alpha)^2$ konkret ausgerechnet und erklärt, dass $\alpha_i \alpha_j + \alpha_j \alpha_i = \delta_{ij}$ sein soll und $\alpha_i^2 = \text{Einheitsmatrix}$ und habe weitergemacht

P: Wir haben ja jetzt vierdimensionale Matrizen, wie können wir das in der Physik interpretieren

S: Lsg. aus zwei Spinoren $\rightarrow$ Spin und $\pm$ Lsg. wg. E^2 in Dispersionsrelation, negative Lsg. interpretiert als Antiteilchen

P: Ok, jetzt können wir uns da auch eine Näherung machen, wie das in der nichtrelativistischen Physik ist

S: Habe Dirac-Gleichung hingeschrieben und dann das e.m. Feld mit A eingefügt mit der Begründung, dass das ganze sonst langweilig ist, habe dann erstmal alles in die 0-Komponente und den Teil mit den Vektoren getrennt aufgeschrieben und Ansatz $\Psi = \exp(-iE/ht) \cdot (\phi, \chi)$ eingefügt. Dann alles als Matrix aufgeschrieben und dabei mit $\hbar c$ multipliziert und Impuls rausgezogen (habe mir hier kurz wirklich Zeit gelassen keine Vorzeichen und Vorfaktoren zu schrotten und das auch so gesagt, Mirlin hat sich nicht beschwert), dann zwei Gleichungen für ϕ, χ hingeschrieben und umgestellt nach χ und $\sigma_i \sigma_j = \delta_{ij} + i \epsilon_{ijk} \sigma_k$ hingeschrieben und da genutzt (am Anfang ausversehen noch die Summe über ij mit in die Relation geschrieben, Mirlin hat dann angemerkt, das müsse ohne Summe sein)

P: (relativ am Ende der Rechnung) jetzt haben Sie es schon fast, Sie können auch direkt die Lösung hinschreiben

S: Lösung hingeschrieben und erklärt, dass wir hier jetzt schon den Spin berücksichtigt haben, was wir im nichtrelativistischen Fall nicht haben

P: Jetzt schauen wir uns Fermionen ohne Wechselwirkung an und wollen diese beschreiben, wie geht das denn

S: Habe Zustandssumme hingeschrieben $Z = \exp(-\beta(E - \mu N))$

P: Da fehlt jetzt aber was, das ist doch eine Zustandssumme

S: Achso, da fehlt noch die Summe

P: Genau, über was genau summieren wir denn

S: über die Anzahl der Zustände, habe dann weitergemacht und Z ausgerechnet mit Z_λ , erst zwischendurch wieder gemerkt, dass es ja um Fermionen geht und dann alles einfacher wird, dann $\langle n \rangle$ berechnet

P: Ok, wie sieht das jetzt für Bosonen aus

S: Nur erklären oder herleiten

P: Nur kurz Unterschiede erklären

S: Summe geht von 0 bis unendlich, man nutzt dann die geometrische Summenformel und bekommt $\rightarrow$ Endergebnis

P: Ok, was macht man jetzt mit den Zustandssummen, wie genau findet man daraus z.B. die Entropie

S: Wusste nicht ganz, was er meint, wollte mit $S = -k_B W_u \ln(W_u)$ anfangen

P: Das wollen wir nicht, wir können da fast ohne Rechnung hinkommen

S: Ich weiß gerade nicht genau die Formel für S , aber es gilt $F = -k_B T \ln(Z)$

P: Ja, genau, aber F ist hier nicht ganz richtig

S: Achso, ja wir haben die großkanonische Zustandssumme, dann brauchen wir das großkanonische Potential

P: Ja, genau wie sieht das jetzt aus

S: hingeschrieben mit kurzer Herleitung aus $U - TS - \mu N$

P: Ja und jetzt haben wir ja schon fast S

S: Dann hingeschrieben $S = -\frac{\partial \Omega}{\partial T}$

P: Genau, ok jetzt kriegen wir für Bosonen etwas besonderes, also bei niedrigen Temperaturen, also da passiert etwas besonderes, hat ein bisschen rumgestammelt

S: habe vehement genickt

P: Sie wissen was ich meine

S: Ja, wir hier Ω ,...

P: Wie heißt das denn jetzt?

S: Bose-Einstein-Kondensat, habe dann Ω mit d dimensionaler Zustandsdichte berechnet aus $E = p^\alpha \cdot k$ dann mit Gammafunktion und Polylogarithmus umgeformt und erklärt, dass für $\mu=1$

P: $\mu=1$?

S: Ah, nein $\mu=0$

P: Ja, warum ist $\mu=0$ spannend?

S: Weil dafür passiert eine Divergenz für $\langle n \rangle$.

P: Ja und welche Werte darf μ annehmen

S: positive Werte, achso nein halt negative Werte

P: Ja, genau also ist es der größtmögliche Wert

S: Ja, weitergemacht und erklärt, dass wenn T klein wird, dann das Integral sehr klein wird und die Teilchenzahl erhalten sein muss und wir deswegen den Grundzustand extra berücksichtigen müssen (mir ist kurz nichtmehr eingefallen, wie genau der Grundzustand dann aussieht, habe ihn deswegen nicht hingeschrieben hat ihn wohl nicht gestört)

Habe dann angefangen die Tafel zu wischen

P: Ja, wir sind eigentlich auch fertig, also die Zeit ist rum

S: war richtig überrascht

Sollte dann kurz rausgehen und wurde kurz später weider reingebeten

P: Sie haben bestimmt gemerkt, dass es sehr gut war, also gar keine lange Diskussion, also sie kriegen eine 1.0