Diplomprüfung Theoretische Physik bei Professor Haydu (am 26. Juni 1992)

Mechanik

- Welche Scheinkräfte exitieren in einem beschleunigten Bezugssystem und wie lauten die Terme?
- Zeichnen Sie ein beliebiges eindimensionales Potential auf und diskutieren Sie es! *Gebundene Bewegung zwischen benachbarten Wendepunkten ($V(x) = E$), Gleichgewichtslagen ($V'(x) = 0$), verbotene Bereiche ($V(x) > E$)*
- Was können Sie über die Zeitabhängigkeit in den Wendepunkten und in den kritischen Punkten sagen? *In der Nähe der Wendepunkte Bewegung wie beim freien Fall, kritische Punkte x_i werden von Teilchen mit Energie $E = V(x_i)$ nicht in endlicher Zeit erreicht*
- Wodurch wird ein Zentralpotential charakterisiert und welche Erhaltungsgrößen gibt es? *Erhaltungsgrößen: Energie, Drehimpuls; Zentralpotential im 'engeren Sinne': $V = V(r)$ nur vom Abstand zum Zentrum abhängig*
- Warum bleibt Energie erhalten? *Kraft wird als konservativ angenommen*
- Welche spezielle zusätzliche Erhaltungsgröße gibt es beim Kepler–Problem? *Lenz–Runge–Vektor*
- Warum sind Bahnen nicht rotationsymmetrisch, obwohl $V = V(r)$ rotationssymmetrisch ist? *Zerlegung von $\dot{\vec{r}}$ in radialen und tagentialen Anteil, dadurch Zurückführung des Problems auf ein eindimensionales mit $V_{eff} = V(r) + \frac{L^2}{2mr^2}$*
- Was charakterisieren die große und die kleine Halbachse? *kleine Halbachse entspricht Drehimpuls, große Halbachse Energie*
- Welche Bahn hat bei gegebenem Drehimpuls die kleinste Energie? *Kreisbahn*
- Wie lautet die Erzeugende der identischen kanonischen Transformation? $W = \sum q_i P_i$
- Welche 5 Größen charakterisieren eine ideale Flüssigkeit und welche 5 Gleichungen zu deren Lösung gibt es? *Unbekannnte: $\vec{v}(\vec{r},t)$, $\varrho(\vec{r},t)$, $p(\vec{r},t)$; Gleichungen: Bewegungsgleichung: $\varrho\dot{\vec{v}} = \varrho\vec{f} - \vec{\nabla}p$, Kontinuitätsgleichung $\partial_t\varrho + \vec{\nabla}(\varrho\vec{v}) = 0$ und eine Zustandsgleichung aus der Statistischen Physik*
- Welche Geschwindigkeiten gibt es in einem idealen elastischen Medium? *transversale $v_t = \sqrt{\frac{\mu}{\varrho}}$ und longitudinale $v_l = \sqrt{\frac{2\mu+\lambda}{\varrho}}$*
- Was sind die Lame'schen Konstanten und welches Vorzeichen haben sie? *empirischen Materialkonstanten im verallgemeinerten Hook'schen Gesetz, sind erfahrungsgemäß positiv, dadurch $v_l > v_t$*

Quantenmechanik

- Welche Näherungsverfahren kennen Sie? *zeitabhängige und zeitunabhängige Störungsrechnung* Aufzählung von Haydu unterbrochen mit Bemerkung: 'genügt erst einmal'

- Was macht man bei der zeitunabhängigen Störungsrechung? *Zerlegung der Hamiltonoperators in ungestörten und gestörten Anteil, Entwicklung der gestörten Eigenfunktionen und Eigenwerte nach den ungestörten*

- Wie lauten die Energiekorrekturen 1. und 2. Ordnung?

$$E_n^1 = \langle n^0|V|n^0\rangle \qquad\qquad E_n^2 = \sum_{m\neq n} \frac{|\langle n^0|V|m^0\rangle|^2}{E_n - E_m}$$

- Was kann über die Korrekturen 2. Ordnung bezüglich der Grundstandsenergie sagen? *immer negativ*

- Was ist bei Entartung zu tun? *Diagonalisierung ('Drehung') des Unterraums des entarteten Energiewertes bezüglich des Störoperators, anschließend Durchführung der nichtentarteten Störungsrechnung mit den 'gedrehten' Eigenvektoren*

- Bespiel für zeitunabhängige Störungsrechung? *Aufschreiben des Störoperators der Spin–Bahn–Kopplung*

- Wie lautet die zentrale Formel der zeitabhängigen Störungsrechnung? *Aufschreiben von Fermi's goldener Regel*

- Beispiel für zeitabhängige Störungsrechung? *Auswahlregeln für Übergänge im Wasserstoffatom:* $m' = m$ *und* $l' = l \pm 1$, *Störpotential* $V = -ezE_z$, *elektrische Dipol-Strahlung* (siehe zum Beispiel Schwalb, Springer–Verlag)

- Welche Gesamtwellenfunktionen sind in einem System identischer Teilchen realisiert? *Bosonen mit total symmetrischer und Fermionen mit total antisymmetrischer Gesamtwellenfunktion*

- Wie groß ist die Amplitude einer Wellenfunktion nach Durchtunneln einer konstanten Potentialschwelle mit Breite a? $\Psi \propto \exp(-\kappa a)$

- Wie lautet der relativistische Zusammenhang zwischen Energie, Impuls und Ruhemasse und wo braucht man ihn zum Beispiel? *Aufschreiben von* $E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$; *wird benutzt in Klein–Gordon–Gleichung*

- Was ist das Problem bei der Klein–Gordon–Gleichung? *Wahrscheinlichkeitsdichte ist nicht positiv definit*

- Wie behebt man das? *relativistiche Dirac–Gleichung*

- Was liefert die Dirac–Gleichung noch? *intrinsischen Freiheitsgrad des Spins*

Statistik

- Wie lautet die durchschnittliche Magnetisierung von Spin–$\frac{1}{2}$ Teilchen im äußeren Magnetfeld (Boltzmannn–Statistik soll gelten)?

$$\langle M \rangle = \mathrm{spur}(\varrho M) = N\mu_B \frac{\exp(\beta\mu_B B) - \exp(-\beta\mu_B B)}{\exp(\beta\mu_B B) + \exp(-\beta\mu_B B)} = N\mu_B \tanh(\beta\mu_B B)$$

- Zeichen Sie den Verlauf $M(B)$ für veschiedene Temperaturen und für $T = 0$ auf! *Kurve nähert sich mit abnehmender Temperatur der Stufenfunktion* $M = N\mu_B\Theta(B)$

- Entspricht der Verlauf für endliche T der Natur? Welche Erscheinung gibt es dort? *Ferrimagnetismus mit endlicher spontaner Magnetisierung*

- Was können Sie über Ornungsparameter (Φ) und konjugiertes Feld (f) sagen? *Bezug auf obiges Beispiel:* $\Phi = M$ *und* $f = B$*, Ordnungsparameter verschwindet am kritischen Punkt, dadurch zum Beispiel Entwicklung der freien Energie nach Potenzen von* Φ *(Landau–Theorie)*

- Zeichnen Sie ein Phasen–Diagramm und erläutern Sie es! *Gewählt: Wasser, Koexistenzlinien, Tripelpunkt, kritischer Punkt*

- Wodurch ist kritischer Punkt charakterisiert? *Verschwinden des Ordnungsparameters* $\Phi = n - n_c$

- Kann man ohne Phasenübergang von der flüssigen zur gasförmigen Phase kommen? *Ja, um den kritischen Punkt herum!*

- Was passiert beim Übergang gasförmig zu flüssig? Ist er stegig? *Nein, es gibt einen Entropiesprung durch die aufgenommene latente Wärme*

- Was sind kritische Exponenten und können Sie welche nennen? *Dienen zur Beschreibung von physikalischen Größen am kritischen Punkt als Potenz von anderen physikalischen Größen*

Bemerkungen

- Die Prüfung dauerte ca. 60 Minuten mit dem Ergebnis 2+. Die Note ist wegen den Wissenslücken in Mechanik (die erste Frage konnte ich überhaupt nicht beantworten) voll gerechtfertigt.

- Haydu hat sehr ruhig geprüft und seine Fragen genau formuliert.

- Er gibt sich im Normalfall mit der Abfrage der Zusammenhänge bzw. der Formel zufrieden. Nur wenn er feststellt, daß die Antwort erraten war, möchte er eine einfache Herleitung oder die Gedankengänge dazu sehen.