8. 7. 02

Klausur Atom- und Molekülphysik

1. Die gegenseitige Wechselwirkung zweier Teilchen werde durch eine Lenard-Jones-Funktion

$$W = \frac{a}{r^{12}} - \frac{b}{r^6}$$

beschrieben, wobei r der Abstand der beiden Teilchen ist.

   a. Wie groß sind Abstand r_0 und potentielle Energie W_0 im Gleichgewicht, wenn keine thermische Bewegung vorliegt (d.h. $T = 0$ K)?

   b. Drücken Sie die Potentialfunktion mittels r_0 und W_0 anstelle von a und b aus!

   c. Wie groß ist der mittlere Abstand $\langle r \rangle$ der Teilchen bei der Temperatur $T > 0$, wenn die dann in der Potentialmulde stattfindenden Schwingung berücksichtigt wird? Die Gesamtenergie E sei um den Wert ΔE höher als W_0. $\langle r \rangle$ sei als Mittelwert von Anfangs- und Endpunkt der Schwingung definiert. Diskutieren Sie die ΔE-Abhängigkeit des mittleren Abstandes für $0 \le \Delta E \le |W_0|$ sowie für $\Delta E \ge |W_0|$!

2. Ein Protonenstrahl wird mit einer Spannung von 15 kV beschleunigt und auf eine Aluminium-Folie geleitet. Wie groß ist der minimale Abstand, den ein Proton zu einem Aluminium-Kern kurzzeitig haben kann?

3. Erläutern Sie die Begriffe Diamagnetismus, Paramagnetismus und Ferromagnetismus an Hand folgender Kriterien:

   - Wie wirken sich diese Materialeigenschaften makroskopisch aus?
   - Mit welchen Größen werden diese Eigenschaften beschrieben, und wie sind diese Größen definiert?
   - Was sind die molekularen / atomaren Ursachen dieser Erscheinungen?

4. Gegeben sei ein Molekül mit einem axialsymmetrischen Polarisierbarkeitstensor, dessen Koordinatenmatrix im Hauptachsensystem die Form

$$\bar{\bar{\alpha}} = \begin{pmatrix} \alpha_\perp & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_\perp & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_\parallel \end{pmatrix}$$

hat. Ein elektrisches Feld ist unter dem Winkel ϑ gegen die Molekül-Längsachse (≡ z-Achse des Hauptachsensystems) geneigt. Bestimmen Sie die potentielle Energie des Moleküls sowie das Drehmoment, das das Feld auf das Molekül ausübt, in Abhängigkeit von ϑ und diskutieren Sie diese Abhängigkeit!

5. Für die näherungsweise Berechnung der Wellenfunktionen der beiden Elektronen eines Wasserstoffmoleküls (H_2) sind eine Reihe von Schritten notwendig.

   - Was besagt das Variationsprinzip?
   - Erklären Sie, wie die Bindung im H_2-Molekül entsteht!
   - **Zusatz:** Welche Rolle spielt das Pauli-Prinzip bei der Berechnung der Bindungsenergie?
   - **Zusatz:** Welche Integraltypen sind bei der Berechnung entscheidend?

   (Hier sind nur kurze und verbale Antworten notwendig, d.h. keine Formeln.)