

### Aufgabe 9

Natürliches Helium enthält neben dem Isotop  ${}^4\text{He}$  in geringem Maße auch das Isotop  ${}^3\text{He}$ . Bestimmen Sie die durch die unterschiedlichen Massen der beiden Isotope bedingten Differenzen der Wellenzahlen und Energien für die erste und dritte Linie der Pickeringserie (Übergänge des wasserstoffähnlichen, einfach ionisierten Heliums  $\text{He}^+$  mit Endzustand  $n=4$ ).

Die relativen Isotopenmassen betragen:

${}^4\text{He}:=4,00260\text{u}$  und  ${}^3\text{He}:=3,01603\text{u}$ .

Welche Linien der Pickeringserie könnten versehentlich dem Wasserstoffspektrum zugeordnet werden?

### Aufgabe 10

Atommodell von Sommerfeld am Beispiel von:  ${}^4_2\text{He}^+$

#### **Zusammenstellung der wichtigsten Relationen:**

**Hauptquantenzahl:  $n$ , Nebenquantenzahl:  $k$  (azimutale Quantenzahl mit den Werten:  $k = 1, 2, \dots, n$ )**

**lange Halbachse der Ellipse:  $a_n = \frac{a_0}{Z} n^2$ , kurze Halbachse:  $b_{n,k} = \frac{a_0}{Z} n \cdot k = a_n \frac{k}{n}$ ,**

**Sommerfeldsche Feinstruktur-Formel:  $E_{n,k} = E_n \left( 1 + \frac{\alpha^2 Z^2}{n^2} \left( \frac{n}{k} - \frac{3}{4} \right) + O(\alpha^4) \right)$**

**mit  $E_n = -hc \frac{R_\infty}{1 + \frac{m_e}{m_{\text{Kern}}}} \cdot \frac{Z^2}{n^2}$  (nicht relativistisches Ergebnis),  $\alpha = \frac{1}{137}$ ,**

**Auswahlregeln für optische Übergänge:  $\Delta k = \pm 1$ .**

- Berechnen Sie die kurze und lange Halbachse aller zu  $n = 1, 2$  und  $3$  gehörenden Bahnen und skizzieren diese Ellipsen (mit dem Kern im gemeinsamen Brennpunkt).
- Skizzieren Sie ein Energieniveauschema mit den Niveaus, die durch die Hauptquantenzahlen  $n = 2$  und  $n = 3$  charakterisiert sind. Berücksichtigen Sie dabei die relativistischen Korrekturen und zeichnen Sie die erlaubten Übergänge ein.
- Skizzieren Sie den entsprechenden Teil des Spektrums. Dabei sollen die Positionen dieser Linien relativ zur Lage der Linie angegeben werden, die übrig bleibt, wenn die relativistischen Korrekturen vernachlässigt werden. Geben Sie die Energie-Abstände in „Wellenzahlen“ mit der Einheit  $\text{cm}^{-1}$  an.

### Aufgabe 11

Die Heisenbergsche Unschärferelation sagt aus, dass Ort und Impuls nicht gleichzeitig exakt bestimmbar sind.

Der Impuls eines Objekts werde mit einer Genauigkeit von  $10^{-3}$  bestimmt. Wie groß ist dann jeweils die Ortsunschärfe für einen Tischtennisball ( $m = 5 \text{ g}$ ,  $v = 2 \text{ m/s}$ ) bzw. für ein Elektron ( $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $v = 1,8 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )?

### Aufgabe 12

Ein Teilchenstrahl (A: Elektronen, B: Neutronen) soll in einem Beugungsexperiment die Materiewellenlänge a)  $\lambda = 1,0 \text{ \AA}$  b)  $0,1 \text{ \AA}$  zeigen.

A) Mit welcher Spannung  $U[\text{V}]$  müssen die Elektronen beschleunigt werden?

B) Welche Geschwindigkeit und kinetische Energie müssen die Neutronen ( $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ) aufweisen? Bei welcher Temperatur haben Neutronen thermisch im Mittel diese kinetische Energie?

