

Themenschwerpunkt A

Atom- und Molekülphysik

Aufgabe 1: Myon-Atom

Das Myon μ^- ist ein dem Elektron e^- verwandtes Teilchen mit der wesentlich größeren Masse $m = 206,5 m_e$. Seine Ladung ist der Elektronenladung gleich.

- a) Berechnen Sie den ersten Bohrschen Radius $a_B^\mu(Z)$ ($n = 1$) für ein Myon, das an einen Atomkern der Ladung $+Ze$ gebunden ist! (5 Punkte)
- b) Berechnen Sie die Bindungsenergie dieses Myons! (3 Punkte)
- c) Begründen Sie, ob sich die Bahn oder Energie dieses Myons stark ändert, wenn zusätzlich $Z-1$ Elektronen an diesen Kern gebunden sind! (3 Punkte)
- d) Berechnen Sie, ab welcher Massenzahl $A \approx 2Z$ das Myon spätestens in den Kern „eintauchen“ würde, wenn die Nukleonen als harte Kugeln mit Radius $r_p = 1,2 \cdot 10^{-15}$ m behandelt werden! (3 Punkte)
- e) Klassisch ist das magnetische Moment m eines Kreisstroms I um eine Fläche A gegeben durch $m = I \cdot A$. Übertragen Sie dieses Modell auf das um den Kern rotierende Myon und bestimmen Sie hieraus das magnetische Bahnmoment. Wie ändert es sich im Vergleich zum Bahnmoment eines Elektrons? (5 Punkte)

Aufgabe 2: Atomphysik

Zur kontrollierten Kernfusion werden Plasmen auf hohe Temperaturen aufgeheizt und in Magnetfeldern eingeschlossen. Diese Plasmen enthalten Spuren von Elementen höherer Kernladungszahl, die dabei vielfach ionisiert werden und dann z. B. nur noch ein Elektron besitzen. Dazu sind Temperaturen erforderlich, bei denen die thermische Energie der Ionen und Elektronen vergleichbar mit der Ionisierungsenergie dieser Ionen ist.

- a) Berechnen Sie näherungsweise die Energien und Temperaturen, die man braucht, um wasserstoffähnlichen Sauerstoff ($Z = 8$) oder wasserstoffähnliches Eisen ($Z = 26$) zu erzeugen (Energien in eV und Temperaturen in K). Zeigen Sie hierzu, dass die Bindungsenergie im Grundzustand $W = h c Z^2 R_\infty$ (R_∞ Rydbergkonstante) beträgt. (6 Punkte)
- b) Berechnen Sie näherungsweise die Wellenlängen (in nm), bei denen die Spektrallinien H_α (Balmer- α , $n=3 \rightarrow n=2$) von Sauerstoff und L_α (Lyman- α , $n=2 \rightarrow n=1$) von Eisen liegen. Welche Spektralbereiche sind das? Mit welcher Art von Spektrometern würden Sie diese Linien jeweils nachweisen? (4 Punkte)
- c) Welchen Einfluss hat die unterschiedliche Kernmasse auf das Ergebnis? (2 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

Molekülphysik

Die Energieniveaus eines zweiatomigen Moleküls, z. B. CO oder O₂, ergeben sich aus der Summe der Vibrationsenergien, der Rotationsenergien und möglicherweise einer elektronischen Anregungsenergie. Molekülspektren im sichtbaren Spektralbereich sind im allgemeinen Rotations-Schwingungsspektren eines elektronischen Übergangs.

- d) Welche Eigenschaften müssen zweiatomige Moleküle haben, damit durch Absorption von Strahlung Schwingungsübergänge angeregt werden können? Begründen Sie Ihre Antwort und diskutieren Sie die Moleküle CO, N₂ und O₂. (3 Punkte)
- e) Welche (zwei) Moleküle sind hauptsächlich für den sog. Treibhauseffekt auf der Erde verantwortlich? Wodurch wird er hervorgerufen und warum verursacht er eine erhöhte Temperatur der Erde? (5 Punkte)

Themenschwerpunkt B

Kern- und Teilchenphysik

Aufgabe 1: Alpha- und Beta-Zerfall

Das Isotop ³²P ist radioaktiv und zerfällt im β-Zerfall mit einer Halbwertszeit von τ = 14,4 d.

- a) Schreiben Sie die Reaktionsgleichung mit allen Folgeprodukten auf! (3 Punkte)
- b) Berechnen Sie die Zerfallsenergie! (4 Punkte)
- c) Geben Sie die maximale Energie des emittierten Elektrons an und begründen Sie, warum auch Elektronen mit niedrigerer Energie entstehen! (3 Punkte)
- d) Energiereiche geladene Teilchen verlieren ihre Energie beim Durchgang durch Materie vorwiegend durch die Wechselwirkung mit den Elektronen der Materie. Berechnen Sie die maximale Energie E_{max}, die von einem α-Teilchen der Energie E_α = 6 MeV auf ein Elektron übertragen werden kann! *Hinweis:* Nicht relativistische Rechnung genügt. (5 Punkte)
- e) Welche Energie kann maximal bei der Streuung von γ-Quanten der Energie E_γ = 2 MeV an ein freies ruhendes Elektron übertragen werden? (Comptonstreuung mit maximalem Energieübertrag) (5 Punkte)

Ruheenergie des α-Teilchens: 3727 MeV

Ruheenergie des Elektrons: 0,511 MeV

Fortsetzung nächste Seite!