

# Übungsaufgaben, Blatt XIII

## Experimentalphysik III, WiSe 2018/19

Prof. Grundmann, Dr. von Wenckstern [wenckst@uni-leipzig.de](mailto:wenckst@uni-leipzig.de)

Ausgabe: 21.01. 2019, 18:00 Uhr

Abgabe: 30.01. 2019, 12:00 Uhr

- A14.** Ein nicht-relativistisches Teilchen wird auf einer kreisförmigen Umlaufbahn durch eine attraktive Kraft  $f(r) = -kr$  mit der positiv definierten Kraftkonstante  $k$  gehalten. Das Zentrum der Kreisbahn befindet sich im Koordinatenursprung.

a) Zeigen Sie, dass die potentielle Energie wie folgt angegeben werden kann:

$$U(r) = \frac{kr^2}{2}$$

und nehmen Sie an, dass  $U(r) = 0$  für  $r = 0$

[1 Punkte]

b) Zeigen Sie unter der Annahme der Bohr'schen Quantisierung des Drehimpulses des Teilchens:

$$mvr = n\hbar$$

das der Radius  $r$  der Umlaufbahn des Teilchens und die Teilchengeschwindigkeit durch:

$$v^2 = \frac{n\hbar}{m} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$r^2 = \frac{n\hbar}{k} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

gegeben ist.  $n$  ist eine ganze Zahl.

[2 Punkte]

c) Zeigen Sie weiter, dass die Gesamtenergie des Teilchens

$$E_n = n\hbar \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ist.

[2 Punkte]

d) Die Masse des Teilchens sei  $m = 3 \cdot 10^{-26}$  kg und die Kraftkonstante sei  $k = 1180 \text{ Nm}^{-1}$ . Bestimmen Sie die Wellenlänge von Photonen, welche Übergänge zwischen benachbarten Energieniveaus verursachen!

[1 Punkte]

- A15.** Wie groß ist der Heisenbergschen Unschärferelation zufolge die Nullpunktsenergie eines in einem würfelförmigen Kristalliten (Quantendot) der Kantenlänge  $a = 2 \text{ nm}$  eingeschlossenen Elektrons?

[2 Punkte]

- A16.** (a) Wir nehmen an, dass der Impuls verschiedener Teilchen mit einer Genauigkeit von 0,1% gemessen werden kann. Bestimmen Sie die minimale Unschärfe in der Position des Teilchens, wenn es sich um i) eine 5 g schwere Masse mit der Geschwindigkeit von 2 m/s, ii) ein Elektron mit der Geschwindigkeit von  $1,8 \cdot 10^8$  m/s handelt. **[2 Punkte]**
- (b) Was ist die minimale Energieunschärfe eines Zustandes mit der Lebensdauer  $\tau = 10^{-8}$  s? **[1 Punkte]**
- (c) Die natürliche Verbreiterung  $\Gamma$  einer Spektrallinie der Wellenlänge 400 nm beträgt  $10^{-5}$  nm. Bestimmen Sie die Lebensdauer des zu dieser Spektrallinie gehörigen atomaren Ausgangszustandes! **[1 Punkte]**

**A17.** Berechnen Sie für das Wasserstoffatom und das Heliumion  $\text{He}^+$

- (a) den Radius der ersten Bohr'schen Umlaufbahn und die Geschwindigkeit des sich darauf bewegenden Elektrons, **[2 Punkte]**
- (b) die kinetische und die Bindungsenergie eines Elektrons im Grundzustand **[2 Punkte]**
- (c) die Energie des ersten angeregten Zustandes und die emittierte Wellenlänge des Übergangs  $m = 2 \rightarrow n = 1$ . **[2 Punkte]**

**A18.** Bestimmen Sie im Rahmen des Bohr'schen Atommodells das Massenverhältnis von Deuterium zu Wasserstoff wenn deren  $H_\alpha$ -Linien bei  $\lambda_{\alpha,D} = 6561,01 \text{ \AA}$  und  $\lambda_{\alpha,H} = 6562,80 \text{ \AA}$  liegen. (Die Entdeckung von Deuterium geht auf derartigen Messungen zurück.) **[4 Punkte]**

**A19.** Berechnen Sie a) das am Kern eines Wasserstoffatoms durch die Bewegung eines Elektrons in der ersten Bohr'schen Bahn (Drehimpuls ist  $\hbar$ , Bahnradius ist  $a_0$ ) erzeugte Magnetfeld. Gehen Sie für die Berechnung vom Biot-Savart Gesetz aus:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^3} ds \times \vec{r}$$

**[3 Punkte]**

und b) die potentielle Energie  $V = \pm \mu_I B$  des Kernspins, wenn sich dieser parallel/antiparallel zu dem in a) berechneten Magnetfeld einstellt. Geben Sie die Werte in Joule, eV und GHz an. Das magnetische Moment des Kerns ist:

$$\vec{\mu}_I = g_I \frac{\mu_K}{\hbar} \vec{I}$$

wobei  $\mu_K = \mu_B/1836$  das Kernmagneton,  $g_I$  der gyromagnetische Faktor (5,58 für das Proton) und  $\vec{I}$  der Kernspin (mit Quantenzahl  $I = 1/2$  für das Proton) ist.

**[2 Punkte]**

**Gesamt:**

**27 Punkte**

**ZA09.** Die Bindungsenergie eines Valenzelektrons im 2s bzw. 2p Zustand eines Li Atoms beträgt 5,39 eV bzw. 3,54 eV. Bestimmen Sie die Rydberg-Korrektur für den s und p Zustand des Li Atoms!

**[4 Punkte]**

**ZA10.** Nehmen Sie an, der Franck-Hertz Versuch werde mit Wasserstoffatomen durchgeführt. Die Elektronen werden durch ein Potential  $V$  beschleunigt und die Messung des Stroms zeigt bei  $V = 10,2$  V einen Abfall. Welcher Zustand des Wasserstoffatoms wird dabei angeregt und wie groß ist die Wellenlänge der emittierten Strahlung, wenn das Elektron nach dem Stoßprozess strahlend in den Grundzustand übergeht? Welche anderen Spektrallinien können beobachtet werden wenn die Spannung zwischen 0 und 12,5 V variiert wird? **[3 Punkte]**