

1. Übung zur Vorlesung Atom- und Molekülphysik (E4) SS2021

Prof. H. Weinfurter, Dr. L. Knips

Die Zuordnung zu den Übungsgruppen finden Sie (ab dem 16.4.) auf der Vorlesungswebseite. Die Online-Tutorien zur Besprechung dieses Übungsblattes finden in der Woche ab dem 19.4. statt. Den Link dazu wird Ihnen Ihr Tutor bzw. Ihre Tutorin an die **im LSF hinterlegte Mailadresse** schicken.

Aufgabe 1 Atomare Dimensionen und Größen

Atomare Größen können mit ausreichender Genauigkeit aus makroskopischen Größen abgeschätzt werden. Verwenden Sie für die nachfolgenden Beispiele die einfachsten möglichen Modelle!

- Bestimmen Sie die Anzahl der "Luftmoleküle" im Home Office ($3 \times 2 \times 2.5 \text{ m}^3$).
- Bestimmen Sie den mittleren Abstand zwischen den Restgas-Molekülen in einem Ultrahoch-Vakuum mit 10^{-10} mbar Restdruck bei 0° C .
- Bestimmen Sie den Radius r von Stickstoffmolekülen aus der Tatsache, dass die mittlere freie Weglänge im Gas unter Normalbedingungen $l = 58 \text{ nm}$ beträgt. Nehmen Sie harte Kugeln als Modell an.
- Bestimmen Sie unter der gleichen Annahme wie in c) den Radius r von Stickstoffmolekülen aus der Dichte $\rho = 808.5 \text{ kg/m}^3$ in flüssiger Phase.

Aufgabe 2 Energieskala der atomaren Übergänge

In der Vorlesung wurde die Lichtemission von Natrium gezeigt. Dabei werden freie Atome angeregt und kehren dann in den Grundzustand zurück, wobei sie die Anregungsenergie in Form von Licht abgeben.

- Für Natrium beträgt die Wellenlänge von Photonen beim Übergang vom 1. angeregten Zustand in den Grundzustand (sog. D1-Linie) $\lambda = 589.76 \text{ nm}$. Welcher Energiedifferenz entspricht das in Joule (J) und in Elektronvolt (eV)?
- Welcher Frequenz ν und welcher Farbe entspricht diese Wellenlänge?
- Angenommen, diese Energiedifferenz würde nicht in Licht, sondern direkt in kinetische Energie des Natriumatoms umgewandelt werden, welche Geschwindigkeit v_1 hätte das Atom (anfangs in Ruhe) nach diesem Prozess?
- In Wirklichkeit ist ein Prozess aus c) nicht möglich und die Energie wird in Form eines Photons abgestrahlt. Dabei erfährt das Atom dennoch einen kleinen Rückstoß.
Warum ist der Prozess aus c) nicht möglich?
Welche Geschwindigkeit v_2 hat das Atom (anfangs in Ruhe) nach dem Rückstoß?

Hinweis: die Masse des Natriumatoms beträgt ca. 23 u, wobei für eine atomare Masseneinheit gilt $1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Aufgabe 3 Massenspektroskop

Bei einem Geschwindigkeitsfilter nach Wilhelm Wien durchfliegen geladene Ionen einen Bereich, in dem gleichzeitig ein elektrisches Feld E und ein magnetisches Feld B herrschen. Zur Massenbestimmung fliegen sie weiter im B -Feld auf einer Kreisbahn und treffen im Abstand Δz von der Eintrittsöffnung auf einen Schirm.

- Welche Geschwindigkeit haben einfach geladene Ionen, wenn sie den Bereich mit $E = 46.6 \text{ kV/m}$ und $B = 0.311 \text{ T}$ ohne Ablenkung passieren?
- Für zwei (einfach geladene) Ionensorten ergeben sich Abstände von $\Delta z = 12 \text{ cm}$ bzw. $\Delta z = 14 \text{ cm}$. Welche Massen haben diese Ionen?
- Welche Abstände Δz erhält man unter gleichen Bedingungen für die Sauerstoffisotope ^{16}O , ^{17}O und ^{18}O ?

