

Aufgabenblatt 01

10. Oktober 2019

Aufgabe 01.1

Licht läuft an Luft um den Faktor $n = 1,000272$ langsamer als im Vakuum (auf Meereshöhe und bei Standardbedingungen). **(a)** Um wie viel kürzer ist die Strecke, die ein Lichtpuls in $t = 5,00$ ns an Luft zurücklegt, im Gegensatz zur Propagation im Vakuum? **(b)** Wie viel länger als im Vakuum braucht ein Lichtpuls, um die Strecke $L = 2145$ m zurückzulegen?

Aufgabe 01.2

Die „Debye-Länge“ λ_D ist eine Plasma-Kenngröße, die zum Beispiel zur Beschreibung des Inneren der Sonne gebraucht wird. Berechnen Sie λ_D nach der angegebenen Formel mit den folgende Größen und verwenden Sie im Resultat SI-Einheiten mit richtigen Präfixen:

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{e^2} \cdot \frac{k_B \cdot T}{n}} \quad \text{mit} \quad \begin{aligned} \varepsilon_0 &= 8,85 \frac{\text{nA}^2 \cdot \text{ms}^4}{\text{kg} \cdot \mu\text{m}^3} && \text{(Elektrische Feldkonstante)} \\ k_B &= 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} && \text{(Boltzmann-Konstante)} \\ T &= 16000 \text{ K} && \text{(Plasma-Temperatur)} \\ e &= 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} && \text{(Elementarladung)} \\ n &= 1,20 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3} && \text{(Teilchendichte: Teilchen/Volumen)} \end{aligned}$$

Hinweis zur Umrechnung in SI-Basiseinheiten: $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ (J ... Joule)
 $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$ (C ... Coulomb, A ... Ampere)

Aufgabe 01.3

In natürlichem Silizium kommen 3 Isotope vor: ^{28}Si mit Atommasse $m_{28} = 27,9769 \cdot u$ zu $r_{28} = 92,25\%$, ^{29}Si mit $m_{29} = 28,9765 \cdot u$ zu $r_{29} = 4,68\%$ und ^{30}Si mit $m_{30} = 29,9738 \cdot u$ zu $r_{30} = 3,07\%$. **(a)** Wie viele Atome eines solchen Gemischs braucht man, um genau die Masse $m = 1,0000$ kg zu realisieren? **(b)** Wie groß ist der Fehler der realisierten Masse, wenn die Zusammensetzung ungenau bekannt ist: $r_{28} = 92,25 \pm 1,00\%$, $r_{29} = 4,68 \pm 0,50\%$ und $r_{30} = 3,07 \pm 0,50\%$?

Hinweis: Die Prozentzahlen sind nicht Gewichtsprozente, sondern beziehen sich auf den Anteil an Atomen: Z. B. sind von $N = 10000$ Atomen genau $N \cdot r_{28} = 9225$ von der Sorte ^{28}Si usw.

Aufgabe 01.4

Das „Urkilogramm“ in Paris besteht aus einer Legierung aus Platin (90,0%; Dichte $\rho_{Pt} = 21450 \text{ kg/m}^3$) und Iridium (10,0%; Dichte $\rho_{Ir} = 22560 \text{ kg/m}^3$). Es hat zylindrische Form mit Höhe $H = 39,00$ mm und Durchmesser $D = 39,00$ mm, nur sind die Kanten noch abgeschrägt, und zwar genau so weit, dass die Gesamtmasse genau 1,0000... kg ergibt.

(a) Wie viel Volumen wurde – ausgehend von einem perfekten Zylinder – an den Kanten weggefeilt? **(b)** Es soll eine Kopie des Urkilogramms erstellt werden. Dabei ist die Legierung auf 1,0% genau bekannt (also zwischen 89,0 und 91,0% Platin, Rest Iridium), und die Höhe und der Durchmesser können jeweils auf $20 \mu\text{m}$ genau gefertigt werden. Am Ende wird der perfekte Zylinder wieder so lange abgeschliffen, bis im Vergleich mit dem Urkilogramm kein Masseunterschied feststellbar ist. Wie viel Masse muss maximal bzw. minimal weggefeilt werden?