Aufgabenblatt 01

14. November 2021

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 $t = 5,00\,\text{ns}$ an Luft zurücklegt, im Gegensatz zur Propagation im Vakuum? **(b)** Wie viel länger als im Vakuum braucht ein Lichtpuls, um die Strecke $L = 2145\,\text{m}$ zurückzulegen?

Aufgabe 01.2

[**a**] Stellen Sie sich vor, dass eine Kette aus einzelnen Gold-Atomen gebaut wird (immer ein Atom dicht am nächsten), die am Äquator einmal um die Erde reicht. Wie viele Atome braucht man dazu? [**b**] Wenn man aus genau derselben Anzahl aus Gold-Atomen eine kreisförmige Fläche baut, die nur ein Atom dick ist: Welchen Durchmesser hat sie? [**c**] Wenn man genau derselben Anzahl an Gold-Atomen zu einem Würfel zusammensetzt: Welche Seitenlänge hat dieser? Erdradius: $R_E = 6371\,\text{km}$. Dichte von Gold im festen Zustand: $\rho = 1,932 \cdot 10^4\,\text{kg/m}^3$, Masse eines Goldatoms: $M_{\text{Au}} = 196,9666 \cdot u$ mit der atomaren Masseneinheit $u = 1,66054 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$. Gehen Sie davon aus, dass die Goldatome im Festkörper in der „dichtesten Kugelpackung“ vorliegen (dann ist der Anteil $x_V = \pi/(3\sqrt{2}) = 74,05\,\%$ gefüllt, der Rest bleibt frei) und in der Fläche ebenfalls (hier ist der Anteil $x_A = \pi/(2\sqrt{3}) = 90,69\,\%$ der Fläche gefüllt, der Rest sind Lücken).

Aufgabe 01.3

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:

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

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 01.4

Das „Urkilogramm“ in Paris besteht aus einer Legierung aus Platin ($90,0\,\%$; Dichte $\rho_{Pt} = 21450\,\mathrm{kg/m^3}$) und Iridium ($10,0\,\%$; Dichte $\rho_{Ir} = 22560\,\mathrm{kg/m^3}$). Es hat zylindrische Form mit Höhe $H = 39,00\,\mathrm{mm}$ und Durchmesser $D = 39,00\,\mathrm{mm}$, nur sind die Kanten noch abgeschrägt, und zwar genau so weit, dass die Gesamtmasse genau $1,0000...\,\mathrm{kg}$ 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 und der Rest Iridium), und die Höhe und der Durchmesser können jeweils auf $20\,\mu\mathrm{m}$ 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?