Prof. Dr. M. Wegener / Priv.-Doz. Dr. A. Naber
Übungen zur Klassischen Experimentalphysik III (Optik & Thermodynamik), WS 2019/20

ÜBUNGSAUFGABEN (IV)
(Besprechung Donnerstag, 14.11.2019)

Aufgabe 1: (4 Punkte)

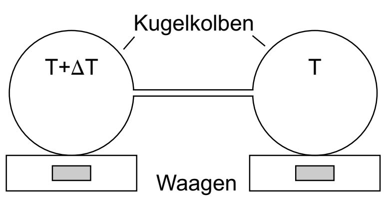
In der Vorlesung wurde für die Reflexion von Licht an der Grenzfläche zwischen Materialien mit Brechzahlen n_i und n_t der Reflexionskoeffizient $r = (n_i - n_t)/(n_i + n_t)$ bei senkrechter Inzidenz abgeleitet. Dazu wurde die magnetische Permeabilität $\mu = 1$ gesetzt, was bei optischen Frequenzen für die allermeisten Materialien gut erfüllt wird.

Wir lassen diese Voraussetzung fallen und betrachten eine im Vakuum propagierende elektromagnetische Welle, die senkrecht auf ein ungewöhnliches Material mit den Parametern $\mu_t = -1$ und $\epsilon_t = -1$ trifft. Leiten Sie zunächst den Reflexionskoeffizienten r als Funktion der Impedanzen Z_i und Z_t mit $Z = E/H = \sqrt{\mu_0 \mu / \epsilon_0 \epsilon}$ mittels der Stetigkeitsbedingungen her und berechnen Sie dann r für die gegebenen Zahlenwerte. Bestimmen Sie schließlich die Richtungen von Wellenvektor $\vec{k}_t$ und Poyntingvektor $\vec{S}_t = \vec{E}_t \times \vec{H}_t$ der transmittierten Welle.

Aufgabe 2: (4 Punkte)

Die optischen Eigenschaften von Silber können für rotes Licht der Wellenlänge $\lambda = 633\,\mathrm{nm}$ gut durch einen komplexen Brechungsindex von $n = 0.06 + \mathrm{i}\,4.15$ beschrieben werden. Der Imaginärteil repräsentiert darin die Absorption des Lichts. Bestimmen Sie damit den Intensitäts-Reflexionskoeffizienten R bei senkrechtem Einfall des Lichts von Luft auf Silber. Verallgemeinern Sie hierfür den Ausdruck für R auf den Fall komplexer n. Bestimmen Sie dann die Eindringtiefe d für die Intensität I, indem Sie zunächst das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r}, t)$ des Lichts im Silber berechnen. Die Eindringtiefe für I ist definiert als die Dicke, bei welcher die ursprüngliche Intensität I_0 auf I_0/e (mit Eulerscher Zahl e) abgefallen ist.

Aufgabe 3: (4 Punkte)



Ein frisch gebackener Physiklehrer findet in einer verstaubten Ecke der Experimente-Sammlung seiner Schule ein hermetisch geschlossenes Glasgefäß, bei dem zwei gleichartige Kugelkolben mit einem dünnen Glasrohr verbunden sind. Darauf vermerkt ist zwar das Gesamtvolumen ($V = 2.0\,\mathrm{l}$) und der Name des eingeschlossenen Gases (HCl), jedoch fehlt die Angabe des Drucks p. Er führt daraufhin folgendes Experiment durch: Er stellt die Kugelkolben auf zwei getrennte Präzisionswaagen, die anfangs die gleiche Gewichtskraft anzeigen. Dann erwärmt er den linken Kolben um $\Delta T = 10°\mathrm{C}$ und stellt fest, dass die Massendifferenz nun $\Delta m = 0.2\,\mathrm{g}$ beträgt. Nach einer kurzen Rechnung verläßt er eilig den Raum. Welchen Wert hat er für den Druck p ausgerechnet?

Hinweis: Verwenden Sie das Ideale Gasgesetz und benutzen Sie zur Berechnung von p geeignete Näherungen und Annahmen. Das Gasvolumen im Glasrohr und die Wärmeleitung zwischen den Kolben seien vernachlässigbar klein.

Aufgabe 4: (4 Punkte)

Anne und Tom spielen Air-Hockey. Der Puck bewegt sich dabei auf einem ebenen Tisch mit Luftkissen nahezu reibungsfrei und die harten Stöße an den Banden sind elastisch. Ziel ist es, den Puck ins Tor des Gegners zu schießen. Tom: „Hey, du passt ja gar nicht auf, so macht das keinen

Spaß!“. Anne: „Sorry, hab’ gerade an die Thermo-Vorlesung gedacht. Der Puck erinnert mich an ein Molekül, das in einem idealen Gas durch Stöße einen Druck auf die Wände ausübt. Ich frage mich gerade, ob für sehr viele Pucks auf dem Tisch, wenn sie ganz klein wären, auch so ein ideales Gasgesetz gilt.“. Tom: „Na klar, das ist doch praktisch dasselbe ... Los jetzt, mach weiter!“. Anne: „Nee, das ist gar nicht dasselbe – die Pucks bewegen sich doch hier nur in zwei Dimensionen. Das Gesetz muss also irgendwie anders aussehen.“.

Wer hat recht? Leiten Sie das Gasgesetz in zwei Dimensionen analog zur Rechnung in der Vorlesung für 3 Dimensionen her.