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

ÜBUNGSAUFGABEN (III)
(Besprechung Donnerstag, 7.11.2019)

Aufgabe 1: (5 Punkte)

In der Vorlesung wurde die dielektrische Funktion $\epsilon(\omega)$ für den ungedämpften Lorentz-Oszillator hergeleitet. Diese läßt sich schreiben als $\epsilon(\omega) = (\omega_L^2 - \omega^2)/(\omega_T^2 - \omega^2)$ mit der Eigenfrequenz ω_T und einer von Ladungsdichte und Masse abhängigen Größe $\omega_L > \omega_T$.

a) Leiten Sie damit unter Verwendung der Dispersionsrelation des Lichts *in Materie* den Betrag des Wellenvektors $k = |\vec{k}|$ als Funktion von ω ab, also $k(\omega)$.

b) Berechnen Sie jeweils mindestens 10 gleichmäßig verteilte Werte für $k(\omega)$ in den Intervallen $0 \leq \omega \leq \omega_T$ und $\omega_L \leq \omega \leq 2\omega_L$. Tragen Sie diese Wertepaare in ein Diagramm für die Dispersionsbeziehung $\omega(k)$ des Lorentz-Oszillators ein. Zeichnen Sie zum Vergleich ebenfalls die Dispersionsbeziehung $\omega = c_0\, k$ für Licht im Vakuum ein.

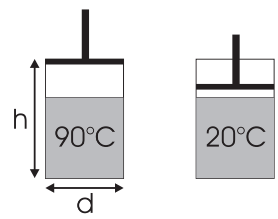
c) Skizzieren Sie ausgehend von dem Graphen $\omega(k)$ die zugehörige Gruppengeschwindigkeit als Funktion von ω und diskutieren Sie den Verlauf.

Zahlenwerte: $\omega_T = 1.0 \cdot 10^{14}\,\mathrm{s}^{-1}$; $\omega_L = 1.5 \cdot 10^{14}\,\mathrm{s}^{-1}$; $c_0 = 3.0 \cdot 10^8\,\mathrm{m/s}$.

Aufgabe 2: (4 Punkte)

An einem recht kalten Novembertag ($T = 10°\mathrm{C}$ und $P_0 = 1013\,\mathrm{hPa}$) schenken Sie einem Kind auf der Herbstmess' einen mit reinem Helium gefüllten Ballon (Volumen $V_0 = 10\,\mathrm{dm}^3$; Masse der Hülle $m_B = 1\,\mathrm{g}$), um damit einen Brief in „die weite Welt" zu schicken. Wie schwer darf der Brief maximal sein, damit der Ballon nicht zu Boden sinkt? Auf welche Höhe über Karlsruhe kann der Ballon (bei gleicher Lufttemperatur) maximal steigen, wenn er bei einer Volumenzunahme über 20% platzen würde? Vernachlässigen Sie den leichten Überdruck im Ballon.

Aufgabe 3: (5 Punkte)



Beim Marmeladeeinkochen haben Sie übersehen, dass Sie für das letzte Glas keinen Deckel mehr übrig haben. Stattdessen verwenden Sie einen luftdicht abschließenden Gummistopfen, den Sie zufällig zur Hand haben. Beim Abkühlen der Marmelade von 90° C auf Raumtemperatur (20° C) wird der Gummistopfen ins Glas gezogen. Am nächsten Tag möchten Sie ihn durch einen richtigen Deckel ersetzen. Wieviel Arbeit W müssen Sie verrichten, um den Gummistopfen aus dem Glas zu ziehen, wenn die Temperatur des eingeschlossenen Gases beim langsamen Hinausziehen des Stopfens konstant bleibt? Leiten Sie dazu einen Ausdruck für W als Funktion thermodynamischer Zustandsgrößen ab.

Hinweise und Zahlenwerte: Das eingeschlossene Gas sei ideal und die Marmelade inkompressibel. Außendruck $P_0 = 1013\,\mathrm{hPa}$; Glashöhe $h = 15.0\,\mathrm{cm}$; Glasdurchmesser $d = 7.0\,\mathrm{cm}$; Füllhöhe der Marmelade $f = 8.0\,\mathrm{cm}$; Dicke des Gummistopfens $g = 0.5\,\mathrm{cm}$.