

Übungsaufgabenblatt XII

Experimentalphysik V, WS 2015/16

Prof. Grundmann

Ausgabe: 18. 01. 2016

Abgabe: **25. 01. 2016, 13:00 Uhr**

- 36.** Berechnen Sie für die Metalle Aluminium, Silber, Kupfer und Zink jeweils die Eigenfrequenz ω_p von Plasmaschwingungen, die dazugehörige Plasmonenenergie $E_p = \hbar\omega_p$ (in eV), sowie die Vakuumwellenlänge λ_p von Licht der Frequenz ω_p . Gehen Sie dabei von dem Modell freier Leitungselektronen aus, d.h. der Einfluss gebundener Elektronen auf die Plasmaschwingung soll vernachlässigt werden. Die Teilchendichte n_G der Gitteratome ist in der Tabelle aufgeführt, ebenso die optische effektive Masse m_a der an der Schwingung beteiligten Ladungsträger. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit den ebenfalls in der Tabelle aufgeführten experimentellen Messwerten für die Plasmonenenergie. Bei welchen Metallen scheint eine erhebliche Beeinflussung der Plasmaschwingung durch gebundene Elektronen vorzuliegen?

Metall	n_G (10^{22} cm^{-3})	m_a/m_e	$\hbar\omega_p^{\text{exp}}$ (eV)
Ag	5,86	1,03	3,9
Al	6,02	1,50	15,2
Cu	8,46	1,42	7,5
Zn	6,57	2,04	10,1

- 37.** Die Drude-Lorentz Formel der dielektrischen Funktion eines Festkörpers ist

$$\epsilon(\omega) = 1 + \frac{\omega_p^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) - i\omega\tau^{-1}}$$

wobei ω_p die Plasmafrequenz, ω_0 die Energie der Bandlücke und τ die mittlere Stoßzeit für Elektronen darstellt.

- (a) Bei Zimmertemperatur ist die Stoßzeit für Kupfer $\tau \simeq 10^{-14} \text{ s}^{-1}$. Schätzen Sie damit ω_p und ω_0 von Kupfer ab und nutzen Sie die charakteristische Farbe von Kupfer um ω_0 zu bestimmen. Zeichnen Sie den Real- und Imaginärteil der dielektrischen Funktion in Abhängigkeit der Frequenz ω .
- (b) Berechnen Sie für Zimmertemperatur die komplexe Leitfähigkeit $\sigma(\omega)$ von Cu als Funktion der Frequenz.
- (c) Geben Sie $\sigma(\omega)$ für einen reinen, Defekt-freien Kupferkristall bei $T = 0\text{K}$ an.
- 38.** Natriumchlorid besitzt die Dichte $\rho = 2,17 \text{ g/cm}^3$, und eine statische Dielektrizitätszahl von $\epsilon(0) = 5,9$.

- (a) Aus welchen Beiträgen setzt sich die statische Dielektrizitätszahl $\epsilon(0)$ bzw. die statische Polarisierbarkeit $\alpha(O)$ von NaCl zusammen? Berechnen Sie mit Hilfe der Clausius-Mossotti-Gleichung

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{1}{3} \frac{N}{V} \alpha$$

die statische Polarisierbarkeit pro Formeleinheit NaCl. Die Größe N/V gibt dabei die Moleküldichte in der Substanz an, d.h. die Zahl der Formeleinheiten pro Volumen.

- (b) Im sichtbaren Frequenzbereich des Lichts besitzt NaCl den Brechungsindex $n = 1,54$. Berechnen Sie die elektronische Polarisierbarkeit $\alpha_{el}(\omega)$ von Natriumchlorid in diesem Frequenzbereich.
- (c) Welches Dipolmoment p wird in ein NaCl-Ionenpaar induziert, wenn sich der Natriumchlorid-Kristall in einem statischen elektrischen Feld der Stärke $E_{ext} = 10^6$ V/m befindet? Um welchen Abstand d verschieben sich die Ladungsschwerpunkte von Anionen und Kationen dabei gegeneinander? (Das elektrische Feld soll entlang der Längsachse eines stabförmigen Kristalls orientiert sein, so dass $E \propto E_{ext}$ gesetzt werden kann.)
- (d) Im Strahlungsfeld eines gepulsten Lasers kann die elektrische Feldstärke in der Größenordnung von 10^9 V/m liegen. Berechnen Sie p und d auch für diesen Fall.
- (e) Weshalb ist eine Anwendung der Clausius-Mossotti-Gleichung im Fall von NaCl zulässig?