13. Übung zur Physik III (WS 2014/15) — **Prof. Kohl/Prof. Rohlfing**

Ausgabedatum: 21.01.2015 — Abgabedatum: 28.01.2015

10:30 Uhr, Briefkasten neben IG 1-85

Aufgabe 44: Faraday-Effekt (schriftlich, 5 Punkte)

Zur Deutung des Faraday-Effekts denkt man sich die einfallende, in x-Richtung linear polarisierte ebene Welle der Frequenz ω in eine Summe aus einer rechts- und einer linkszirkular polarisierten Welle zerlegt, für die jeweils die Brechzahlen $n_+ = n(\omega + \omega_L)$ und $n_- = n(\omega - \omega_L)$ gelten. Dabei ist $n(\omega)$ der frequenzabhängige Brechungsindex ohne Magnetfeld.

Zeigen Sie zunächst, dass sich der Realteil der Welle nach Durchlaufen der Probe der Dicke d und bei angelegtem Magnetfeld schreiben lässt als

$$\mathrm{Re}\,\vec{E} = E_0 \cos\left(\frac{k\,d}{2}(n_+ + n_-) - \omega\,t\right) \cdot \{\vec{e}_x \cos\alpha - \vec{e}_y \sin\alpha\} \qquad \text{mit} \qquad \omega = c\,k\ .$$

Dabei ist α die Winkeldrehung der Polarisationsebene.

Da die Larmor-Frequenz $\omega_L = e\,B/2\,m$ sehr klein ist, kann der in α vorkommende Brechzahlunterschied $n_+ - n_-$ nach ω_L entwickelt werden. Was ergibt sich daraus für die Winkeldrehung $\alpha = V\,B\,d$? (B und d sind das Magnetfeld und die Dicke der Probe.) Wie hängt die Verdet'sche Konstante V von der Dispersion $\frac{d\,n}{d\,\omega}$ ab? Stellen Sie diesen Zusammenhang auch in der konventionellen Form mit $\frac{d\,n}{d\,\lambda}$ dar (Kettenregel).

Aufgabe 45: Wien'sches Verschiebungsgesetz (mündlich, 6 Punkte)

Bei welcher Frequenz $\nu_{\max}$ und bei welcher Wellenlänge $\lambda_{\max}$ beobachtet man das Maximum der Planck'schen Strahlungsverteilung $u(\nu, T)$ bzw. $\tilde{u}(\lambda, T)$? Warum ist $c \neq \lambda_{\max}\,\nu_{\max}$?

Hinweis: Die Gleichungen

$$\exp(-y) + \frac{y}{5} - 1 = 0 \qquad \text{bzw.} \qquad \exp(-z) + \frac{z}{3} - 1 = 0$$

lassen sich nur numerisch lösen (z. B. mit dem Newton'schen Iterationsverfahren). Verifizieren Sie, dass durch $y \approx 4{,}9651$ und $z \approx 2{,}8214$ Lösungen dieser Gleichungen gegeben sind.

Aufgabe 46: Stefan-Boltzmann-Gesetz (mündlich, 5 Punkte)

Berechnen Sie die in einem schwarzen Körper insgesamt enthaltene Energiedichte (pro Volumen) durch Integration der Planck'schen Verteilung: $\int_0^\infty u(\nu, T)\,d\,\nu$.

Hinweis: Identifizieren Sie im Integranden eine geometrische Reihe und integrieren Sie die Entwicklung gliedweise. Es gilt:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} = \frac{\pi^4}{90}\ .$$

Aufgabe 47: Strahlungsgesetz (schriftlich, 4 Punkte)

Zeigen Sie, dass das Planck'sche Strahlungsgesetz für kleine Frequenzen in das Rayleigh-Jeans'sche und für große Frequenzen in das Wien'sche Strahlungsgesetz übergeht.