

Abgabe der Lösungen:

01.12.2010

**Aufgabe 11: Brechungsindex im Dielektrikum (5 Punkte)**

Der Wert der Phasengeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle in einem dielektrischen Medium ist um einen Faktor  $n > 0$  („Brechungsindex“ oder „Brechezahl“) kleiner als im Vakuum. Falls  $n \approx 1$  ist, lässt sich dieser in der Nähe einer Resonanzfrequenz als frequenzabhängige komplexe Zahl schreiben:

$$n = 1 + \frac{Ne_0^2}{2\epsilon_0 m (\omega_0^2 - \omega^2 - i\omega\gamma)}.$$

Hierbei beschreibt  $N$  die Molekülzahldichte,  $m$  die Masse und  $\omega_0$  die Resonanzfrequenz der schwingenden Dipole im Medium. Die Größe  $\gamma$  berücksichtigt einen Dämpfungsterm in der Differentialgleichung für die harmonische Schwingung jedes Dipols.

- a) Berechnen Sie den Brechungsindex von Luft bei Atmosphärendruck und 20°C für Licht der Wellenlänge  $\lambda = 500 \text{ nm}$ , wenn die Resonanzfrequenz der Stickstoffmoleküle bei  $\omega_0 = 10^{16} \text{ s}^{-1}$  liegt und die Konstante  $\gamma$  vernachlässigt werden kann. (2 Punkte)
- b) Zeigen Sie, dass man die obige Formel für  $\omega - \omega_0 \gg \gamma$  schreiben kann als

$$n - 1 = a + \frac{b}{\lambda^2 - \lambda_0^2}.$$

(3 Punkte)

**Aufgabe 12: Brechungsindex im Leiter (7 Punkte)**

Der komplexe Brechungsindex  $n$  in einem Leiter ist gegeben durch die Gleichung

$$n^2 = 1 + i \frac{\sigma_0 / \epsilon_0}{\omega(1 - i\omega\tau)}.$$

- a) Berechnen Sie den Real- und Imaginärteil von  $n = n' + ik$  ( $n'$  und  $k$  reell) als Funktion von  $\omega$ . (4 Punkte)
- b) Skizzieren Sie  $n'$  und die Eindringtiefe  $\delta = c/(\kappa\omega)$  als Funktion von  $\omega$  für Kupfer ( $\tau \approx 2,7 \cdot 10^{-14} \text{ s}$ ,  $\sigma_0 \approx 6 \cdot 10^7 \text{ A/Vm}$ ). (3 Punkte)

## Übungen zu den Theoretischen Ergänzungen zur Physik III

---

### Aufgabe E6: Beschleunigte Bewegung (7 Punkte)

Eine Rakete fliegt entlang der  $x$ -Achse eines Inertialsystems  $IS_0$ . Ihr Schwerpunkt befindet sich bei  $x = x(t)$ . Bezuglich  $IS_0$  besitzt die Rakete die Geschwindigkeit  $u = dx/dt$  und die Beschleunigung  $a = du/dt$ .

- a) Das Inertialsystem  $IS_1$  bewege sich relativ zu  $IS_0$  mit der Geschwindigkeit  $v$ . Welche Geschwindigkeit  $u' = dx'/dt'$  und welche Beschleunigung  $a' = du'/dt'$  besitzt die Rakete bezüglich  $IS_1$ ? (2 Punkte)
- b) Das „momentane Ruhesystem“ der Rakete zur Zeit  $t$  ist dasjenige Inertialsystem  $R_t$ , in dem die Rakete zum Zeitpunkt  $t$  die Geschwindigkeit  $u' = 0$  besitzt. Die Beschleunigung  $a'$ , welche die Rakete in diesem Moment bezüglich  $R_t$  besitzt, ist die Beschleunigung, die von den mitfahrenden Raumfahrern gespürt wird. Wie groß ist  $a'(t)$ ? Was ergibt sich im Grenzfall nichtrelativistischer Geschwindigkeiten? (2 Punkt)
- c) Zeigen Sie, dass sich die Rakete für

$$x(t) = \frac{c^2}{b} \left( \sqrt{1 + \frac{b^2 t^2}{c^2}} - 1 \right)$$

mit konstanter Beschleunigung  $a'(t) = b$  bewegt. Wie lautet  $x(t)$  approximativ für kleine Zeiten und für sehr große Zeiten? (3 Punkte)