

# Physik II

Georg-August-Universität Göttingen  
Prof. Dr. K. Bahr / Prof. Dr. K.-H. Rehren / PD Dr. H. Schanz  
www.theorie.physik.uni-goettingen.de/lehre/Uebungen/Physik-2/06/

SS 2006



Abgabe: 10. 7. 2006

Übungsblatt 11

## 1. Aufgabe: Destilliertes Wasser

(2 Pkt. pro Teilaufgabe)

Destilliertes Wasser hat den pH-Wert 7, also eine nicht ganz verschwindende Konzentration von  $H^+$ -Ionen: ein geringer Teil des Wasser ist als  $H^+$  und  $OH^-$  in Wasser gelöst.

- (a) Welche Leitfähigkeit ergibt sich für destilliertes Wasser, wenn wir vereinfachend annehmen, dass diese Ionen in Wasser die gleiche Beweglichkeit haben wie  $Na^+$  und  $Cl^-$ ?

*Hinweis:* Vergleichen Sie mit der in der Vorlesung angegebenen Leitfähigkeit einer Kochsalzlösung.

- (b) Kann man destilliertes Wasser als Dielektrikum verwenden, indem man zwei Kondensatorplatten (Abstand 1cm) in teilweise in destilliertes Wasser eintaucht und an den Kondensator eine Spannung von 10000V anlegt?

## 2. Aufgabe: Säkularvariation des Erdfeldes

(3 Pkt. pro Teilaufgabe)

In der Vorlesung wird der Hall-Effekt mit einer dicken Wolframfolie demonstriert: Für einen Strom von 15A und ein Magnetfeld von 1,3Vs/m<sup>2</sup> ergibt sich eine Querspannung

$$U_H = R_H IB/d = 3 \times 10^{-5} V \quad (R_H \text{ ist der Hall-Koeffizient der Versuchsanordnung}).$$

- (a) Welche messtechnischen Anforderungen ergeben sich, wenn wir mit dieser Messanordnung die Säkularvariation des Erdmagnetfeldes—die Feldstärke nimmt pro Jahr um ca 0.1% ab—messen wollen?

- (b) Als Magnetfeldsensor, dessen Ausgangsspannung ein Maß für die zeitliche Änderung von  $B$  ist, könnte z.B. eine Induktionsspule verwendet werden. Die in der Vorlesung verwendete moderne Induktionsspule hat 35000 Windungen, einen hochpermeablen Kern mit der relativen magnetischen Permeabilität  $\mu_r = 1000$  und eine Querschnittsfläche von 0,01m<sup>2</sup>. Kann diese Spule zum Nachweis der Säkularvariation benutzt werden?

## 3. Aufgabe: Elektromagnetische Wellen

(2 Pkt. pro Teilaufgabe)

- (a) Zeigen Sie, dass eine elektromagnetische Welle der Form

$$\vec{E}(\vec{x}, t) = \vec{E}_0 \cdot \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{x} - \varphi), \quad \vec{H}(\vec{x}, t) = \vec{H}_0 \cdot \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{x} - \varphi')$$

bei geeigneter Wahl der Amplitudenvektoren  $\vec{E}_0$  und  $\vec{H}_0$  nur dann die Maxwell'schen Gleichungen im Vakuum löst, wenn die beiden Phasenwinkel  $\varphi$  und  $\varphi'$  sich um ein Vielfaches von  $\pi$  unterscheiden.

- (b) Warum kann man dann ohne Beschränkung der Allgemeinheit  $\varphi = \varphi'$  annehmen?

#### 4. Aufgabe: Elliptische Polarisierung

(2 Pkt. pro Teilaufgabe)

(a) Zeigen Sie, dass bei der Überlagerung zweier elektromagnetischer Wellen wie in der vorhergehenden Aufgabe mit demselben Wellenvektor  $\vec{k} = k \vec{e}_z$ , aber unterschiedlichen Amplituden  $\vec{E}_{10} = E_{10} \vec{e}_x$  und  $\vec{E}_{20} = E_{20} \vec{e}_y$  und Phasenverschiebung  $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi/2$ , der elektrische Feldvektor  $\vec{E}(\vec{x}_0, t)$  am festen Ort  $\vec{x}_0$  als Funktion der Zeit eine Ellipse beschreibt.

(b) Dasselbe für beliebige Amplituden  $\vec{E}_{10}$  und  $\vec{E}_{20}$  (beide  $\perp \vec{k}$ , aber nicht notwendig  $\perp$  aufeinander) und Phasenverschiebung.

*Hinweis:* Zeigen Sie zunächst, dass man  $\vec{E}(t) = \vec{E}_{10} \cos \alpha(t) + \vec{E}_{20} \cos(\alpha(t) - \delta)$  auch als  $\vec{A} \cos \alpha + \vec{B} \sin \alpha$  schreiben kann. Danach wird hier ein *strukturelles* Argument gesucht, dass nach Elimination der Zeit via  $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$  auf eine homogene quadratische Gleichung für  $E_x$  und  $E_y$  führt. Die explizite Lösung dieser Gleichungen ist erst in Aufgabe (d) verlangt!

(c) Hängt die Form und Orientierung der Ellipse von der Wahl des Punktes  $\vec{x}_0$  ab?

(d) *Zusatzaufgabe:* Bestimmen Sie die beiden Halbachsen in Abhängigkeit von den Beträgen der Amplitudenvektoren  $\vec{E}_{10}$  und  $\vec{E}_{20}$ , dem Winkel  $\gamma$  zwischen ihnen, sowie der Phasenverschiebung  $\delta = \varphi_2 - \varphi_1$ .

*Warnung:* Blindes Drauflosrechnen wird hier sehr schnell unübersichtlich. Sie sollten entweder eine Portion Wissen in linearer Algebra oder Computeralgebra einsetzen.