

11. Übungsblatt

Besprechung: 30.01.2012

1. Magnetismus

Bei der Magnetoenzephalographie (MEG) werden außen am Kopf Magnetfelder gemessen, die durch elektrische Ströme (hauptsächlich in langen Dendriten der cortical-pyramidalen Zellen) im Gehirn erzeugt werden. (Hinweis:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ )

(a) Es können nur Magnetfelder von parallel zur Schädeldecke orientierten Zellen außerhalb des Schädels gemessen werden. Warum?

(b) Berechnen Sie die magnetische Induktion  $B$  (in Tesla) an der Schädeldecke, wenn durch einen Dendriten, der 2 cm unterhalb der Schädeldecke verläuft, ein Strom von 3 pA fließt.

(Zum Größenvergleich: Erdmagnetfeld  $B_{\text{Erde}} \approx 10^{-4} \text{ T}$ )

(Lösungswerte: (a) Magnetfelder ringförmig um Leiter, (b)  $3 \cdot 10^{-17} \text{ T}$ )

**Lösung:**

(a) Der Dendrit stellt einen (geraden) stromdurchflossenen Leiter dar, um den sich Magnetfeldlinien ringförmig ausbilden. Nur wenn der Dendrit parallel zur Schädeldecke verläuft, verlaufen die Magnetfeldlinien (teilweise) außerhalb des Schädels.

(b) Lösungsansatz: "physikalische Formel: magnet. Induktion bei stromdurchflossenen Leiter"

Es gilt (lt. Vorlesung):  $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$ , Daten aus Aufgabe:  $I = 3 \text{ pA} = 3 \cdot 10^{-12} \text{ A}$ ,  $r = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}}{2\pi} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-12} \text{ A}}{0.02 \text{ m}} = 3 \cdot 10^{-17} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = 3 \cdot 10^{-17} \text{ T}$$

$$(1 \text{ T} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{Am}^2} = 1 \frac{\text{Js}}{\text{Asm}^2} = 1 \frac{\text{Js}}{\text{Cm}^2} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2})$$

2. Selbstinduktion

Bei einem elektrischen Weidezaun wird mittels Selbstinduktion ein Hochspannungspuls von 3 kV erzeugt. Dazu wird ein Strom  $I = 10 \text{ A}$ , der durch eine Spule mit einer Induktivität von  $L = 30 \text{ mH}$  fließt, schnell abgeschaltet. (Hinweis:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ )

(a) Wie schnell muss man den Strom abschalten, um die Induktionsspannung von 3 kV zu erreichen?

(b) Wie viele Windungen muss die Spule bei 12.5 cm Länge und  $30 \text{ cm}^2$  Querschnittsfläche für die Induktivität von 30 mH haben?

(Lösungswerte: (a) 0.1 ms, (b) ca. 1000)

**Lösung:**

(a) Es gilt:  $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{L \Delta I}{-U_{\text{ind}}} = \frac{0.03 \text{ H} \cdot 10 \text{ A}}{3000 \text{ V}} = 0.0001 \text{ s} = 0.1 \text{ ms}$ , ( $1 \text{ H} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$ )

(b) Es gilt:  $L = \mu_0 \cdot N^2 \cdot \frac{A}{l} \rightarrow N^2 = \frac{l \cdot L}{\mu_0 \cdot A} = \frac{0.125 \text{ m} \cdot 0.03 \text{ H}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 0.0030 \text{ m}^2} \approx 995000 \rightarrow N \approx 997$

### 3. Elektromagnetismus

Ergänzen Sie folgende Aussagen physikalisch korrekt:

- (a) Es gilt Ladung  $Q$  ist gleich Spannung  $U$  ..... Kapazität  $C$ .
- (b) Es gilt Widerstand  $R$  ist gleich Spannung  $U$  ..... Strom  $I$ .
- (c) Es gilt Leistung  $P$  ist gleich ..... geteilt durch Widerstand  $R$ .
- (d) Eine Änderung des magnetischen Flusses erzeugt .....
- (e) Eine bewegte Ladung in einem Magnetfeld erfährt eine Kraft senkrecht zu .....
- (f) Beim Wechselstrom ist die effektive Spannung  $U_{\text{eff}} = \dots\dots\dots$

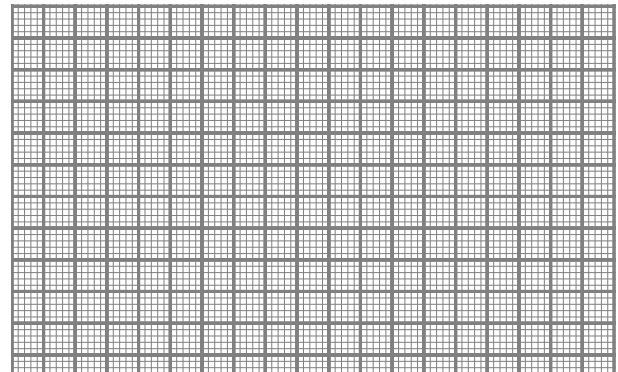
(Lösungswerte: (a) mal, (b) geteilt durch, (c) Spannungsquadrat  $U^2$ , (d) eine Induktionsspannung  $U_{\text{ind}}$ , (e) Bewegungsrichtung und Magnetfeldrichtung, (f)  $U_0/\sqrt{2}$ .)

**Lösung:**

- (a)  $Q = C \cdot U$ .
- (b)  $R = \frac{U}{I}$ .
- (c)  $P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$ .
- (d)  $U_{\text{ind}} = -\dot{\Phi} = -\frac{d\Phi}{dt}$ .
- (e) Lorentzkraft  $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$
- (f) Die zeitgemittelte Leistung beim Wechselstrom ist  $\bar{P} = \frac{1}{2}U_0 \cdot I_0$ . Man definiert daher die Effektivwerte von Spannung und Strom als  $U_{\text{eff}} = U_0/\sqrt{2}$  und  $I_{\text{eff}} = I_0/\sqrt{2}$  mit  $U_0$  und  $I_0$  als Spitzenwerte.

### 4. Optik

Ein Gegenstand im Abstand 30 cm vor einer konvexen Linse wird auf einem Schirm im Abstand 20 cm scharf abgebildet. Die Größe des Bildes beträgt 5 cm.



- (a) Berechnen Sie die Brennweite der Linse! (Formel und Zahl)
- (b) Berechnen Sie die Größe des Gegenstandes! (Formel und Zahl)
- (c) Skizzieren Sie den Strahlengang mit mindestens 2 Strahlen!

(Lösungswerte: (a) 12 cm, (b) 7.5 cm, (c) Brennpunktstrahl, achsenparalleler Strahl, Mittelpunktstrahl)

**Lösung:**

- (a) Abbe-Abbildungsgesetz:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{30\text{cm}} + \frac{1}{20\text{cm}} = \frac{1}{12\text{cm}} \rightarrow f = 12 \text{ cm}$
- (b) Abbildungsmaßstab  $\frac{G}{B} = \frac{g}{b} \rightarrow G = B \cdot \frac{g}{b} = 5 \text{ cm} \cdot \frac{30\text{cm}}{20\text{cm}} = 7.5 \text{ cm}$
- (c) Konstruktion mit Brennpunktstrahl, achsenparalleler Strahl und Mittelpunktstrahl

