

# Übungen/Lösungen zur Klassischen Experimentalphysik II SS 2017

## Übungsblatt 8 · Besprechung am 21. Juni 2017

---

### Aufgabe 25:

(a)

Der magnetische Fluss ist definiert als das Flächenintegral  $\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$ . Aufgrund der Einfachheit der Fläche  $A$  in unserem Beispiel ist der Integrand als Skalarprodukt  $\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos(\varphi)$ , wobei  $\varphi$  der Winkel zwischen der Flächennormalen in Richtung  $\vec{A}$  und der Richtung des Magnetfeldes  $\vec{H}$  ist. Um die Phasenlage korrekt zu berücksichtigen, beachten wir, dass die Flächennormale bei  $t = 0$  in  $z$ -Richtung zeigt und schreiben  $\varphi = \omega t$ . Damit ist der magnetische Fluss  $\phi = BA \cos(\omega t)$ . Einsetzen:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos(\omega t) = \mu_0 \cdot H \cdot A \cdot \cos(\omega t)$$

$$\rightarrow \Phi = 2.51 \cdot 10^{-3} \text{Vs} \cdot \cos(\pi \cdot 100 \text{Hz} \cdot t)$$

(b)

Die induzierte Spannung ist

$$U_{ind} = -\frac{d}{dt}\Phi = -B \cdot A \cdot (-\sin(\omega t) \cdot \omega) = B \cdot A \cdot \omega \sin(\omega t)$$

Werte eingesetzt ergibt:

$$U_{ind} = 0.79 \text{V} \cdot \sin(\pi \cdot 100 \text{Hz} \cdot t)$$

Spannungsamplitude  $U_0$  ist also  $0.79 \text{V}$

(c) Da sich der magnetische Fluss durch die Schleife nicht ändert, gibt es auch keine induzierte Spannung.

### Aufgabe 26:

(a)

Für die angelegte Spannung gilt:

$$U = -\dot{\Phi}$$

$\Phi$  berechnet sich zu  $\Phi = \int \vec{B} d\vec{A}$  Das für Magnetfeld eines Leiters gilt:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi y}$$

$y$ = Abstand nach unten Mit  $dA = ddy$  erhält man

$$\Phi = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I}{2\pi y} ddy = \frac{\mu_0 I d}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{b}{a}\right)$$

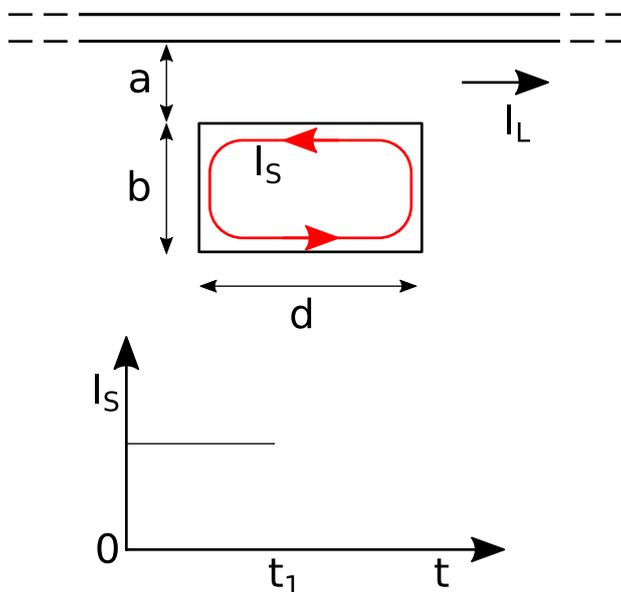
mit  $I = ct$  ergibt sich für  $\dot{\Phi} = -U$

$$\dot{\Phi} = \frac{\mu_0 cd}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{b}{a}\right) = -U$$

Ohmsches Gesetz:

$$I = I_S = \frac{U}{R_S} = \frac{\mu_0 cd \ln(1 + b/a)}{2\pi R_S}$$

Während der Strom im Leiter ansteigt, ist der induzierte Strom konstant, danach 0.



$I_S$  induziert ein Magnetfeld welches dem von  $I_L$  entgegengesetzt ist, somit muss der Strom entgegen  $I_L$  fließen.

(b)

Das Magnetfeld des Leiters übt eine Lorentzkraft auf Elektronen in der Leiterschleife aus. Für die Lorentzkraft gilt:  $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$  mit  $\vec{v}$  als Driftgeschwindigkeit und  $F$  von allen Elektronen.

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) \left(\frac{n}{V}\right) AL$$

mit  $qv \frac{n}{V} A = I$  ergibt sich (mit  $d \iff L$ )

$$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$$

Das  $B$ -Feld ist auf der Längsseite konstant:

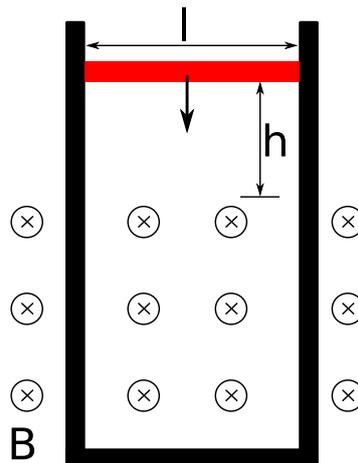
$$F = dBI_S = d \frac{\mu_0 I_L}{2\pi a} \frac{\mu_0 cd}{2\pi R_S} \ln(1 + b/a) = \frac{\mu_0^2 d^2 c I_L}{4\pi^2 a R_S} \ln(1 + b/a)$$

Die Kraft wirkt von beiden Längsseiten nach innen somit muss die Kraft auf den unteren Teil abgezogen werden:

$$|F| = \frac{\mu_0^2 d^2 c I_L}{4\pi^2 R_S} \ln(1 + b/a) \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+b}\right)$$

Die Kraft ist in Richtung vom Leiter weg, die Kräfte auf den Querseiten heben sich gegenseitig auf.

**Aufgabe 27:** (3 Punkte)



- (a) Im Kupferstab wird die Spannung  $U_{ind} = Blv$  induziert, die in ihm einen Stromfluss  $I = \frac{U_{ind}}{R} = \frac{Blv}{R}$  mit dem Widerstand  $R$  hervorruft. Die bewegten Ladungsträger im Stab erfahren dadurch eine Kraft  $F_{ind} = IlB = \frac{B^2 l^2 v}{R}$ , die nach der Lenzschen Regel der Fallbewegung entgegen, also aufwärts, gerichtet ist. Die Bremskraft muss dem Trägheitsgesetz zufolge betragsmäßig gleich der Gewichtskraft  $G$  sein, wenn der Stab im Magnetfeld mit konstanter Geschwindigkeit sinken soll:

$$F_{ind} = G$$

oder

$$\frac{B^2 l^2 v}{R} = mg$$

Wegen  $m = \rho_m Al$  und  $R = \rho l / A$  folgt für die gesuchte Geschwindigkeit  $v = \frac{\rho_m \rho g}{B^2} = 1,28 \text{ m/s}$  und daraus mit  $v^2 = 2gh$  die Fallhöhe  $h = 83 \text{ mm}$ .

- (b) Mit  $v = 1,28 \text{ m/s}$  wird  $U_{ind} = Blv = 1,8 \text{ mV}$  und mit  $R = \frac{\rho l}{\pi(d/2)^2} = 2,27 \cdot 10^{-4} \Omega$  folgt  $I = 7,9 \text{ A}$ ,  $F_{ind} = 0,011 \text{ N}$  und  $P = I^2 R = 141 \text{ mW}$ .
- (c) Der Strom fließt nach der Rechte-Hand-Regel (Kraft auf positive Ladungsträger) im Uhrzeigersinn.