

1. Den Süden mit grünen Strom versorgen!

a) Der Anteil der Feldlinien, der senkrecht auf dem Leiter steht, geht vertikal von oben nach unten. Gehen wir davon aus, dass die Ladungen von Nord nach Süd fließen, so wirkt die Kraft nach der Linken-Hand-Regel in Richtung Westen.

Z1

b)  $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin(\alpha) = 5 \cdot 10^{-5} \text{T} \cdot 100 \text{A} \cdot 300 \text{m} \cdot \sin(67^\circ) = \underline{1,38 \text{N}}$

D2

2. Der Massenspektrograph

a) Wegen der gekreuzten Felder wirken auf die positiv geladenen Teilchen zwei Kräfte:

→ Die elektrische Feldkraft  $F_E$  wirkt entlang der elektrischen Feldlinien in der Abb. von oben nach unten. Ihr Betrag hängt wegen  $F_E = q \cdot E$  nicht von der Geschwindigkeit  $v$  der Teilchen ab.

→ Die Lorentzkraft  $F_L$  wirkt nach der Linken-Hand-Regel genau entgegengesetzt zu  $F_E$ . Der Betrag der Lorentzkraft hängt allerdings wegen  $F_L = q \cdot v \cdot B$  von der Geschwindigkeit der Teilchen ab.

D2

Wegen Blende 2 können nur jene Teilchen den Filter passieren, die weder nach oben, noch nach unten abgelenkt werden. Es werden also nur jene Teilchen durchgelassen, bei denen die Geschwindigkeit  $v$  so groß ist, dass sich elektrische Kraft und Lorentzkraft die Waage halten:

$F_E = F_L$

D2

b)  $F_E = F_L \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \quad | : q : B$   
 $\Rightarrow v = \frac{E}{B}$

D4

c) Hier entspricht die Lorentzkraft der Zentripetalkraft, welche die Teilchen auf der Kreisbahn mit Radius  $r$  hält:

$F_{zp} = F_L \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = q \cdot v \cdot B \quad | \cdot r : v^2$   
 $m = \frac{qBr}{v}$

Z2

Einsetzen der Werte ergibt:  $m = \frac{16000 \cdot 10^{-19} \text{C} \cdot 0,04 \text{T} \cdot 0,05 \text{m}}{48000 \text{m/s}} \approx \underline{6,676 \cdot 10^{-27} \text{kg}}$

(1)

3. Induzierte Spannungen

2.1)  $B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot I = \underline{0,0251 \text{T}}$

D2

2.2) Nach dem Faraday'schen Induktionsgesetz wird nur dann in einer Spule eine Spannung induziert, wenn sich der magnetische Fluss  $\Phi$  durch die Spule ändert:  $U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}$

D1

Wegen  $\Phi = A \cdot B$  ändert sich nur dann der Fluss, wenn sich die vom Magnetfeld durchdrungene Fläche  $A$  der Spule ändert oder wenn sich die magnetische Flussdichte  $B$  ändert.

Bei konstantem Feldstufenstrom bleibt aber  $B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot I$  konstant. Die Querschnittsfläche bleibt ebenfalls bei  $50 \text{cm}^2$ . Somit wird keine Spannung in der Induktionsspule induziert.

D1

b.1) Die Änderungsraten  $\dot{I}_1$  und  $\dot{I}_2$  entsprechen der Steigung des Graphen im Zeit-Strom-Diagramm in den Intervallen von 0 bis 4s beziehungsweise von 4s bis 12s. Diese können über ein Steigungsdreieck ermittelt werden:

$\dot{I}_1 = \frac{1,2 \text{A}}{4 \text{s}} = \underline{0,3 \frac{\text{A}}{\text{s}}}$        $\dot{I}_2 = \frac{-1,2 \text{A}}{8 \text{s}} = \underline{-0,15 \frac{\text{A}}{\text{s}}}$

D3

b.2) Aus  $B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot I$  folgt  $\dot{B} = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot \dot{I}$ , da  $\mu_0, N$  und  $l$  konstant sind.

$\Rightarrow U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi} = -n \cdot A \cdot \dot{B} = -n \cdot A \cdot \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N}{l} \cdot \dot{I}$

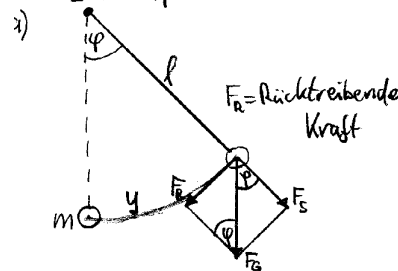
Einsetzen der Werte ergibt:

$U_{ind1} = -500 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{3000}{0,4 \text{m}} \cdot 0,3 \frac{\text{A}}{\text{s}} = +4,71 \cdot 10^{-3} \text{V} = \underline{+4,71 \text{mV}}$

Z3

$U_{ind2} = +2,36 \cdot 10^{-3} \text{V} = \underline{2,36 \text{mV}}$

4. Das Fadenpendel



b)  $\frac{F_R}{F_G} = \sin(\varphi)$

a) D3

$\Rightarrow F_R = F_G \cdot \sin(\varphi)$

mit  $F_G = m \cdot g$  folgt

$\Rightarrow F_R = m \cdot g \cdot \sin(\varphi)$

H D4

(2)

4.c) Eine Schwingung wird dann "harmonisch" genannt, wenn die Rückstellkraft  $F_R$  proportional zum Ausschlag  $y = l \cdot \varphi$  ist.

Wegen

$$F_R = m \cdot g \cdot \sin\left(\frac{y}{l}\right)$$

ist die Rückstellkraft aber proportional zum Sinus des Ausschlags.

Damit ist die Schwingung nicht harmonisch. Für sehr kleine Winkel ist aber  $\sin(\varphi) \approx \varphi$  und somit  $\sin\left(\frac{y}{l}\right) \approx \frac{y}{l}$ . Näherungsweise gilt für kleine Winkel also

$$F_R = m \cdot g \cdot \frac{y}{l}$$

wodurch die Proportionalität für sehr kleine Winkel gegeben ist und die Schwingung in guter Näherung als harmonisch angesehen werden kann.

D 1,5

D 0,5  
Z 1

5. Der elektrische Schwingkreis

a) Die Spule ist direkt mit dem Kondensator verbunden, somit an beiden die selbe Spannung anliegt:

$$U_c = U_{ind} \quad \text{mit } U_c = \frac{Q}{C} \quad \text{und } U_{ind} = -L \cdot \dot{I} = -L \cdot \ddot{Q} \quad \text{folgt}$$

$$\frac{Q}{C} = -L \cdot \ddot{Q} \quad | +L \ddot{Q} \quad | \cdot C$$

$$\boxed{Q(t) + LC \cdot \ddot{Q}(t) = 0} \quad \text{DGL}$$

E 3

b) Ansatz:  $Q(t) = Q_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$

$$\Rightarrow \dot{Q} = Q_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \quad \text{und} \quad \ddot{Q} = -Q_0 \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Einsetzen in die DGL ergibt:

$$Q_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) + LC \cdot (-Q_0 \omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)) = 0 \quad | \text{Vorklammern}$$

$$Q_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \cdot [1 - LC \cdot \omega^2] = 0$$

Da  $Q_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$  nicht immer 0 ist muss der Faktor in der eckigen Klammer Null sein, damit die DGL für alle Zeiten erfüllt ist:

$$1 - LC \cdot \omega^2 = 0 \quad | +LC \omega^2 \quad | : (LC) \quad | \sqrt{\quad}$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

(3)

5.b) Fortsetzung...

$$\text{mit } \omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{folgt}$$

$$\boxed{f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}}$$

E 6,5

c) Umstellen obiger Formel für  $f$  nach  $L$ :

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad | \cdot \sqrt{LC} \quad | : f$$

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f} \quad | ( \quad )^2$$

$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f^2} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 \cdot C} = \underline{\underline{0,352 \text{ H}}}$$

D 3

Notenverteilung

Note	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Min. Prozent	0	20	27	34	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
Min. Punkte		9,5	12,5	15,5	19	21	23,5	25,5	28	30,5	32,5	35	37	39,5	41,5	44

D 63,5%    29

Z 15%    7

E 21,5%    9,5

Σ 49,5

(4)