

Physik Q11		Induktion
Lösungen zu den Aufgaben S. 138-142	Nr. 2, 7, 11, 15, 17	

### S. 138/2

- a) Eine Induktionsspannung entsteht nur dann, wenn sich die Stärke des Magnetfeldes ändert oder die Größe der Fläche, die vom Magnetfeld durchsetzt wird.
- (1) Die Spule wird parallel zu den Feldlinien des Magnetfeldes verschoben. Dadurch ändert sich weder die Stärke des Magnetfeldes noch die vom Feld durchsetzte Fläche.  
 $\Rightarrow$  Es entsteht *keine* Induktionsspannung.
- (2) Die Spule wird von unten in das Magnetfeld geschoben. Dadurch kommt es zu einer Änderung der vom Feld durchsetzten Fläche.  
 $\Rightarrow$  Es kommt zu einer Induktionsspannung.
- (3) Die Spule wird um die horizontale Achse gedreht. Weder die Stärke des Magnetfeldes noch die Größe der vom Feld durchsetzten Fläche ändert sich.  
 $\Rightarrow$  Es entsteht *keine* Induktionsspannung.
- (4) Die Spule dreht sich um die vertikale Achse. Dadurch ändert sich die Größe der vom Feld durchsetzten Fläche.  
 $\Rightarrow$  Es kommt zu einer Induktionsspannung.
- b) Eine Spannung wird z.B. auch dann induziert, wenn die Spule ähnlich wie in (4) um eine Achse gedreht wird, die senkrecht zur Blattebene steht.
- Keine Induktionsspannung entsteht z.B. wenn die Spule außerhalb des Magnetfeldes bewegt wird.

### S. 138/7

- a) Der Leiter fällt im freien Fall senkrecht nach unten.

Für eine beschleunigte Bewegung gilt:  $v = a \cdot t + v_0$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0$$

In diesem Fall ist  $a = g$ ;  $v_0 = 0$ ;  $x_0 = 0$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2x}{g}}$$

$$\text{und } v = g \cdot t \Rightarrow v = g \cdot \sqrt{\frac{2x}{g}} = \sqrt{g^2 \cdot \frac{2x}{g}} = \sqrt{2xg}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- b) Bewegungsrichtung der Elektronen zusammen mit dem Leiter: nach unten;  
 die entspricht einem Stromfluss nach oben;  
 das Magnetfeld zeigt in die Zeichenebene hinein;  
 mit Hilfe der Rechte-Hand-Regel für die Lorentzkraft: die Elektronen bewegen sich im Leiter nach *links*

c) Induktionsgesetz:  $|U_i| = \ell \cdot v \cdot B$

$$\Rightarrow |U_i| = \ell \cdot v \cdot B$$

$$|U_i| = 0,1 \text{ m} \cdot 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ T} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 1,5 \text{ mV}$$

d) Je weiter der Leiter nach unten fällt, desto größer wird seine Fallgeschwindigkeit. Dadurch erhöht sich auch die Induktionsspannung.

### S. 139/11

Der Wirkungsgrad  $\eta$  („Eta“) ist als Quotient der Nutzleistung zur zugeführten Leistung definiert:

$$\eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}} \Rightarrow P_{\text{zu}} = \frac{P_{\text{nutz}}}{\eta}$$

Für die elektrische Leistung gilt:  $P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U}$

Im Primärstromkreis gilt dann:  $I = \frac{P_{\text{zu}}}{U} = \frac{P_{\text{nutz}}}{U \cdot \eta} = \frac{15 \cdot 10^6 \text{ W}}{220 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 0,98} = 70 \text{ A}$

### S. 139/15

Für die Induktionsspannung gilt  $U_i = -N \cdot \dot{\Phi}$ . Da sich hier nur die Stärke des Magnetfeldes ändert, gilt in diesem Fall:  $U_i = -N \cdot A \cdot \dot{B}$ . Dabei ist  $\dot{B}$  die zeitliche Ableitung der Kurve/Funktion, die die Größe des Magnetfeldes beschreibt, also die Steigung dieser Kurve.

Abschnitte (I), (III) und (V): Keine Änderung des Magnetfeldes,  $\dot{B} = 0 \Rightarrow U_i = 0$

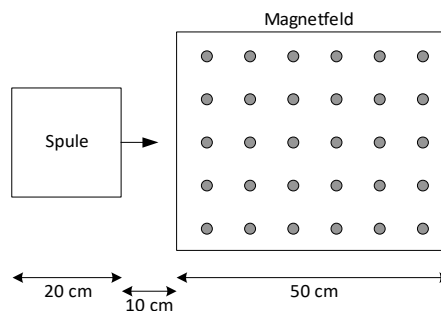
Abschnitt (II):  $\dot{B} > 0 \Rightarrow U_i < 0$

Abschnitt (IV):  $\dot{B} > 0 \Rightarrow U_i < 0$

Da der Betrag der Steigung in Abschnitt (II) größer als in Abschnitt (IV) ist, ist auch der Betrag der Induktionsspannung in (II) größer als in (IV).

### S. 140/17 a)

von oben gesehen:



Die Spule bewegt sich mit  $v = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  nach rechts.

Nach 1 s hat der rechte Rand der Spule den linken Rand des Magnetfeldes erreicht.

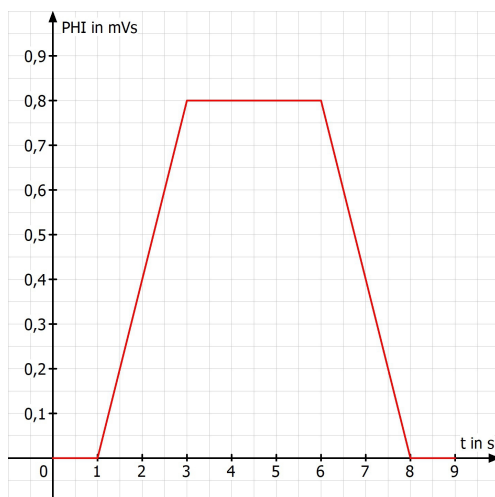
Nach insgesamt 3 s erreicht der linke Spulenrand den linken Rand des Magnetfeldes. Danach ist die Spule vollständig vom Magnetfeld durchsetzt. Die Spulenfläche beträgt  $A = 0,04 \text{ m}^2$ , die magnetische Flussdichte  $B = 0,02 \text{ T}$ . Der magnetische Fluss steigt daher zwischen  $t_1 = 1 \text{ s}$  und  $t_2 = 3 \text{ s}$  von 0 auf  $\Phi_{\text{max}} = B \cdot A = 0,02 \text{ T} \cdot 0,04 \text{ m}^2 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Vs}$ .

Nach weiteren 3 s (also nach insgesamt 6 s) erreicht der rechte Spulenrand den rechten Rand des Magnetfeldes. In dieser Zeit ändert sich  $\Phi$  nicht.

Nach insgesamt 8 s erreicht auch der linke Spulenrand den rechten Magnetfeldrand. Zwischen  $t_3 = 6$  s und  $t_4 = 8$  s sinkt demnach der magnetische Fluss wieder auf 0.

Die Spule muss nun noch insgesamt 10 cm nach rechts wandern, bis der linke Spulenrand den geforderten Abstand vom Magnetfeld hat. Dafür benötigt sie wieder 1 s.

Man erhält folgendes  $t$ - $\Phi$ -Diagramm:



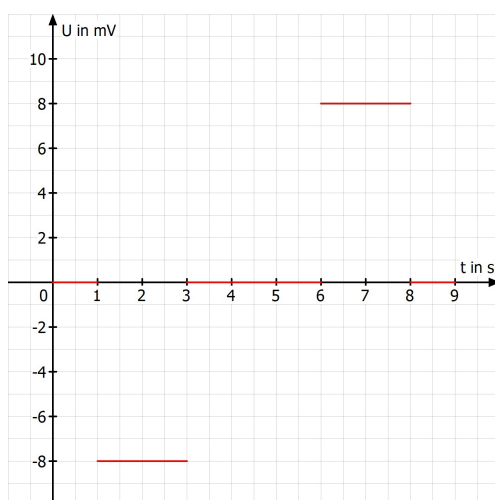
zur Induktionsspannung:

Eine Spannung wird nur in den Zeiträumen zwischen  $t_1 = 1$  s und  $t_2 = 3$  s und zwischen  $t_3 = 6$  s und  $t_4 = 8$  s induziert.

$U_i = -N \cdot \dot{\Phi}$ . Hier kann die Ableitung  $\dot{\Phi}$  durch die Geradensteigung  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  ersetzt werden.

$$\text{Zwischen } t_1 = 1 \text{ s und } t_2 = 3 \text{ s: } U_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -20 \cdot \frac{0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Vs}}{2 \text{ s}} = -8 \text{ mV}$$

$$\text{Zwischen } t_3 = 6 \text{ s und } t_4 = 8 \text{ s: } U_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -20 \cdot \frac{-0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Vs}}{2 \text{ s}} = 8 \text{ mV}$$



S. 140/17 b)

Für diese Aufgabe benötigt man zur rechnerischen Lösung die Kettenregel für Ableitungen. Ich habe das leider bei der Aufgabenstellung übersehen.

Man kann aber zumindest den groben Verlauf der Induktionsspannung auch ohne mathematische Kenntnisse herleiten.

Die Spule dreht sich um eine horizontale Achse. Wir beginnen damit, dass die Spule senkrecht steht, ihre Fläche also parallel zu den Feldlinien ausgerichtet ist. In diesem Moment ist die vom Magnetfeld durchsetzte Fläche natürlich 0.

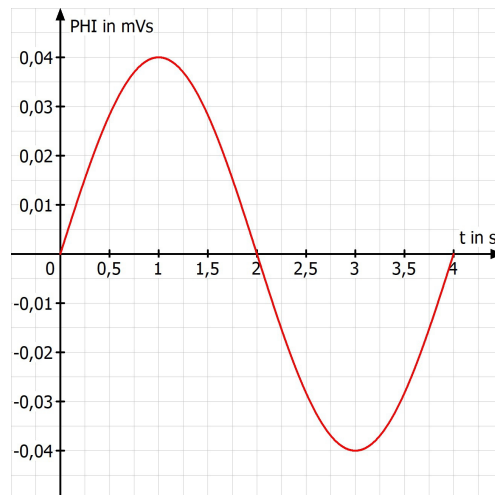
Wenn sich die Spule weiterdreht, dann nimmt die vom Magnetfeld durchsetzte Fläche zu, bis die Spule waagrecht liegt. Danach nimmt die Fläche wieder ab, bis die Spule wieder senkrecht steht.

Der magnetische Fluss nimmt also erst von  $\Phi = 0$  bis zu einem Maximalwert zu und dann wieder ab.

Danach nimmt die vom Magnetfeld durchsetzte Fläche erneut zu, allerdings „in die umgekehrte Richtung“, weil oben und unten bei der Spule nun vertauscht ist. Wenn sie wieder waagrecht liegt, ist der Betrag des Flusses  $\Phi$  wieder maximal. Anschließend nimmt  $\Phi$  wieder ab, bis die Spule erneut senkrecht steht.

Jetzt beginnt der Ablauf wieder von vorne.

Für den magnetischen Fluss ergibt sich dann der folgende zeitliche Verlauf (die Einheiten auf den Achsen sind willkürlich!):



Die Induktionsspannung sieht dann so aus (auch hier willkürliche Einheiten auf den Achsen!):

