

Abschlussprüfung Berufliche Oberschule 2012



- Physik 12 Technik - Aufgabe I - Lösung

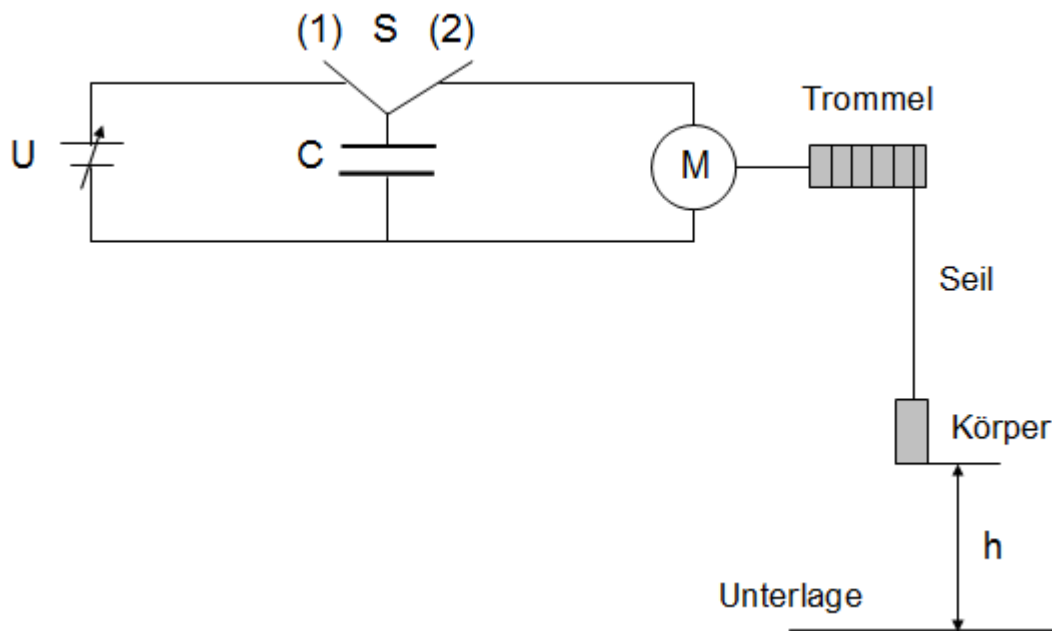
Teilaufgabe 1.0

Ein Kondensator mit der Kapazität $C_0 = 10 \cdot \text{mF}$ dient als Energiespeicher, mit dem ein Elektromotor M betrieben werden kann. Siehe unten stehende Skizze.

In Schalterstellung (1) wird der Kondensator durch eine Gleichspannungsquelle auf die Spannung U aufgeladen. Dabei nimmt der Kondensator die Ladung Q auf, im Kondensator wird elektrische Energie W_{el} gespeichert.

Wird der Schalter S in die Stellung (2) umgelegt, so wird dem Elektromotor die Energie W_{el} zugeführt. Über ein Getriebe versetzt der Motor eine Trommel in Drehung. Dadurch wird ein Seil auf die Trommel aufgewickelt und ein am unteren Ende des Seils befestigter Körper von der Unterlage aus in die Höhe h gehoben.

Der Körper besitzt die Masse $m_0 = 100 \cdot \text{g}$. Der Motor mit Getriebe hat den Wirkungsgrad η .

**Teilaufgabe 1.1 (4 BE)**

Der Kondensator wird auf die Spannung $U = 12.0 \cdot \text{V}$ aufgeladen.

Berechnen Sie die Ladung Q und die elektrische Energie W_{el} , die der Kondensator aufnimmt.

$$C_0 = \frac{Q}{U} \quad Q = C_0 \cdot U \quad Q := 10 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V}} \cdot 12.0 \cdot \text{V}$$

$$Q = 0.12 \text{ C}$$

$$W_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad W_{\text{el}} := \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V}} \cdot (12.0 \cdot \text{V})^2$$

$$W_{\text{el}} = 0.72 \text{ J}$$

Teilaufgabe 1.2 (3 BE)

Die Höhe h , in die der Motor den Körper anheben kann, ist abhängig von der Spannung U , auf die der Kondensator aufgeladen wurde.

Weisen Sie durch allgemeine Rechnung nach, dass gilt: $h = \frac{\eta \cdot C_0 \cdot U^2}{2 \cdot m_0 \cdot g}$, wobei g der Betrag der

Fallbeschleunigung \vec{g} ist.

Wirkungsgrad:
$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} = \frac{W_{hub}}{W_{el}} = \frac{m_0 \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2} \cdot C_0 \cdot U^2}$$
 also:
$$\eta = \frac{m_0 \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2} \cdot C_0 \cdot U^2}$$

Auflösen nach h :
$$h = \frac{\eta \cdot C_0 \cdot U^2}{2 \cdot m_0 \cdot g}$$

Teilaufgabe 1.3.0

Der Zusammenhang zwischen h und U wird experimentell untersucht. Man erhält folgende Messergebnisse:

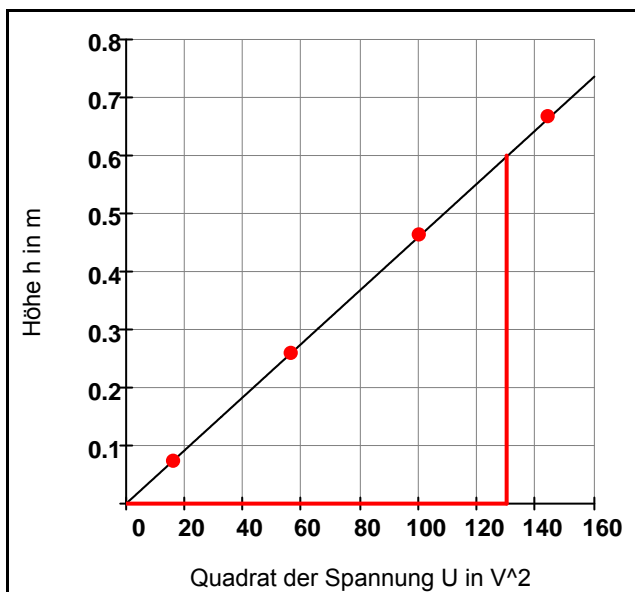
"U in V"	4.00	7.50	10.0	12.0
"h in cm"	7.4	26.0	46.4	66.8

Teilaufgabe 1.3.1 (5 BE)

Untersuchen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe, wie h von U abhängt.



Quadrat der Spannung: $U^2 = (16 \quad 56.25 \quad 100 \quad 144) \text{ V}^2$



Messwerte liegen im Rahmen der Messgenauigkeit auf einer Ursprungsgeraden:

$\Rightarrow h \sim U^2$

Teilaufgabe 1.3.2 (3 BE)

Geben Sie den Zusammenhang zwischen h und U in Form einer Gleichung an und bestimmen Sie die in der Gleichung auftretende Konstante k aus dem Diagramm von 1.3.1.

Gleichung: $h = k \cdot U^2$

Steigungsdreieck: $k = \frac{\Delta h}{\Delta U^2} \quad k := \frac{0.6 \cdot \text{m}}{130 \cdot \text{V}^2} \quad k = \frac{0.00462 \cdot \text{m}}{\text{V}^2}$

Teilaufgabe 1.3.3 (4 BE)

Berechnen Sie den Wirkungsgrad η des Motors mit Getriebe aus der Konstanten k .

Aus 1.2 $h = \frac{\eta \cdot C}{2 \cdot m_0 \cdot g} \cdot U^2$

Aus 1.3.2 $h = k \cdot U^2$

Koeffizientenvergleich: $\frac{\eta \cdot C}{2 \cdot m_0 \cdot g} = k$ Auflösen: $\eta = \frac{k \cdot 2 \cdot m_0 \cdot g}{C}$

Wirkungsgrad: $\eta := \frac{4.6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{V}^2} \cdot 2 \cdot 0.100 \cdot \text{kg} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V}}} \quad \eta = 0.90$

Einheitenkontrolle: $\frac{\frac{\text{m}}{\text{V}^2} \cdot \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V}}} = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{V}}{\text{V}^2 \cdot \text{s}^2 \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{V}} = \frac{\text{J}}{\text{J}} = 1$

Teilaufgabe 1.4 (3 BE)

Zum Kondensator mit der Kapazität $C_0 = 10 \cdot \text{mF}$ wird ein zweiter Kondensator mit derselben Kapazität in Reihe geschaltet. An die Reihenschaltung aus den beiden Kondensatoren wird in Schalterstellung (1) die Spannung $U = 12.0 \cdot \text{V}$ angelegt. Die Energie, die die beiden Kondensatoren aufnehmen, wird dann in Schalterstellung (2) an den Motor abgegeben. Bestimmen Sie die Höhe h_2 , in die nun der Körper angehoben wird.

$h_2 = \frac{\eta \cdot C_2}{2 \cdot m_0 \cdot g} \cdot U^2$

Gesamtkapazität bei Reihenschaltung: $\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_0} = \frac{2}{C_0} \quad \Rightarrow \quad C_2 = \frac{C_0}{2}$

Einsetzen:
$$h_2 = \frac{\eta \cdot C_0}{2 \cdot 2 \cdot m_0 \cdot g} \cdot U^2$$

$$h_2 := \frac{0.90 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V}} \cdot (12 \cdot \text{V})^2}{4 \cdot 0.100 \cdot \text{kg} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$h_2 = 0.33 \text{ m}$

Einheitenkontrolle:

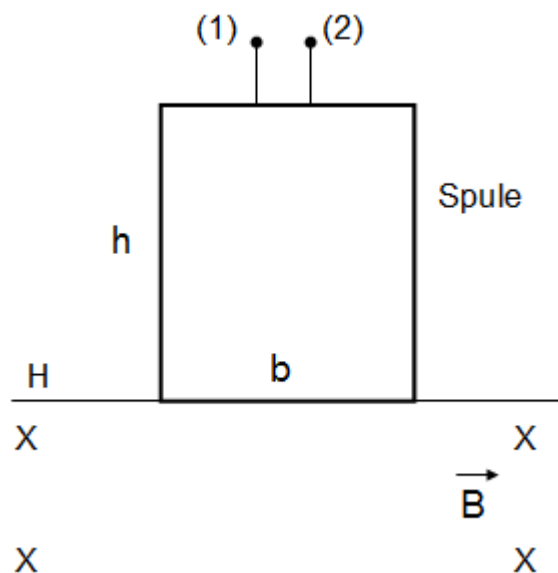
$$\frac{\frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V}} \cdot \text{V}^2}{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{\text{J}}{\text{N}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{N}} = \text{m}$$

Teilaufgabe 2.0

Eine flache Induktionsspule mit der Windungszahl $N = 150$ hat einen rechteckigen Querschnitt mit der Breite $b = 5.0 \cdot \text{cm}$ und der Höhe $h = 6.0 \cdot \text{cm}$. Die Spule steht senkrecht über einer Horizontalebene H, die ein homogenes Magnetfeld nach oben begrenzt (siehe untenstehende Skizze).

Die magnetische Flussdichte \vec{B} ist zeitlich konstant und hat den Betrag $B = 240 \cdot \text{mT}$.

Bei den folgenden Induktionsversuchen ist die Querschnittsfläche der Spule stets senkrecht zu den Magnetfeldlinien ausgerichtet.



Teilaufgabe 2.1.0

Die Spule wird mit der konstanten Geschwindigkeit \vec{v} , die den Betrag $v = 1.5 \cdot \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ hat, vertikal nach unten in das Magnetfeld hineinbewegt. Zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \cdot \text{s}$ treten die unteren Querleiter der Spule in das Magnetfeld ein. Zum Zeitpunkt $t_1 = 6.0 \cdot \text{s}$ haben die unteren Querleiter der Spule das Magnetfeld noch nicht verlassen.

Teilaufgabe 2.1.1 (5 BE)

Φ_{\max} ist der Maximalwert des magnetischen Flusses Φ bei der Abwärtsbewegung der Spule.
Berechnen Sie Φ_{\max} und zeichnen Sie das t - Φ -Diagramm für $0 \text{ s} \leq t \leq 6.0 \text{ s}$.

$$\Phi_{\max} = A_{\max} \cdot B = b \cdot h \cdot B$$

$$\Phi_{\max} := 0.05 \cdot \text{m} \cdot 0.06 \cdot \text{m} \cdot 240 \cdot 10^{-3} \cdot \text{T}$$

$$\Phi_{\max} = 7.2 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

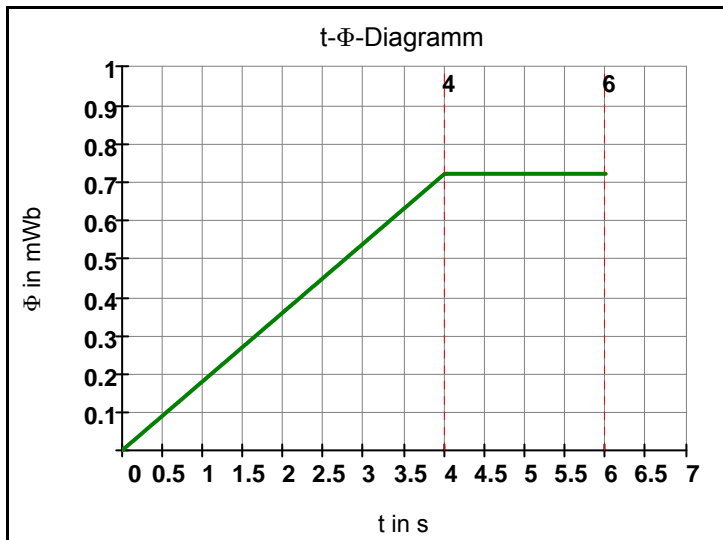
$$v = \frac{h}{t_1}$$

\Rightarrow

$$t_1 = \frac{h}{v}$$

$$t_1 := \frac{0.06 \cdot \text{m}}{0.015 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t_1 = 4.0 \text{ s}$$



Teilaufgabe 2.1.2 (4 BE)

Die zwischen den Spulenden (1) und (2) auftretende Induktionsspannung $U_{i,1}$ hat den Betrag U_1 .

Stellen Sie den zeitlichen Verlauf von U_1 für $0 \text{ s} \leq t \leq 6.0 \text{ s}$ graphisch dar.

Für $0 \text{ s} \leq t \leq 4.0 \text{ s}$

$$U_i = -N \cdot \left(\frac{d}{dt} \Phi(t) \right) = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

:

$$U_i := -150 \cdot \frac{7.2 \cdot 10^{-4} \cdot \text{V} \cdot \text{s}}{4.0 \cdot \text{s}} \quad U_i = -27 \cdot \text{mV}$$

$$U_1 := |U_i|$$

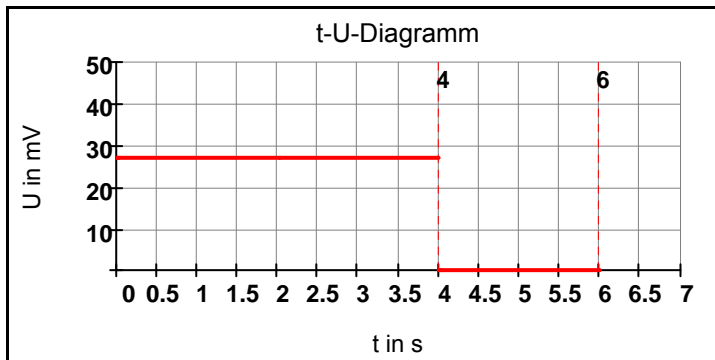
$$U_1 = 27 \cdot \text{mV}$$

Für $4 \text{ s} \leq t \leq 6.0 \text{ s}$

$$U_i = 0 \cdot \text{V}$$

da $\Delta \Phi = 0 \text{ V} \cdot \text{s}$

:



Teilaufgabe 2.2.0

Die Spule befindet sich wieder, wie in 2.0 beschrieben, über der Horizontalebene H. Ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ lässt man nun die Spule aus der Ruhe heraus frei fallen. Zum Zeitpunkt t_v ist die Spule soeben vollständig in das Magnetfeld eingetaucht.

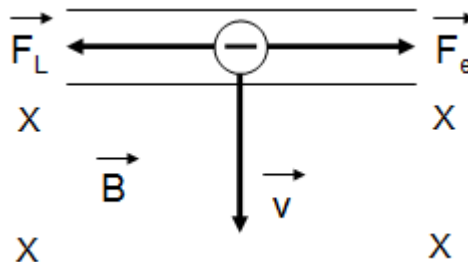
Teilaufgabe 2.2.1 (2 BE)

Beim Eintauchen der Spule in das Magnetfeld wirken auf ein Elektron in einem unteren Querleiter zusätzlich zur Gewichtskraft zwei weitere Kräfte.

Nennen Sie diese beiden Kräfte und geben Sie deren Richtungen an.

Lorentzkraft \vec{F}_L nach links, elektrische Kraft \vec{F}_{el} nach rechts.

Zeichnung in der Prüfung nicht verlangt.



Teilaufgabe 2.2.2 (5 BE)

Zeigen Sie ausgehend von einem Kraftansatz, dass für den Betrag U_2 der während der Eintauchphase zwischen den Spulenenden (1) und (2) auftretenden Induktionsspannung $U_{i,2}$ gilt:

$U_2 = N \cdot B \cdot b \cdot v_F$, wobei v_F der Betrag der momentanen Fallgeschwindigkeit \vec{v}_F ist.

$$F_{el} = F_L \quad \Leftrightarrow \quad e \cdot E = e \cdot v \cdot B \quad \Leftrightarrow \quad \frac{U_i}{b} = v_F \cdot B \quad \Leftrightarrow \quad U_{i,2} = b \cdot v_F \cdot B$$

Spule mit N Windungen: $U_2 = N \cdot b \cdot v_F \cdot B$

Teilaufgabe 2.2.3 (6 BE)

Im Zeitintervall [t_V ; 0.14 s] befindet sich die Spule vollständig im Magnetfeld.

Berechnen Sie den Zeitpunkt t_V und zeichnen Sie das t - U_2 -Diagramm zu dem unter 2.2.0 be-

schriebenen Induktionsversuch für $0 \text{ s} \leq t \leq 0.14 \text{ s}$.

Maßstab für die t -Achse: **0.02 s** entspricht **1 cm**

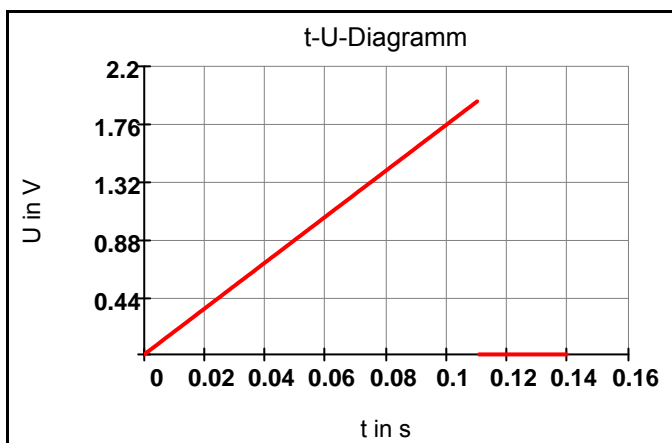
Freier Fall: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad t_V = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$

Fallzeit: $t_V := \sqrt{\frac{2 \cdot 0.06 \cdot \text{m}}{9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \quad U_2 = 1.96 \text{ V}$

Mit $v_F = g \cdot t_V$: $U_2 = N \cdot b \cdot g \cdot t_V \cdot B$

$U_2 := 150 \cdot 0.05 \cdot \text{m} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.111 \cdot \text{s} \cdot 240 \cdot 10^{-3} \cdot \text{T} \quad U_2 = 1.96 \text{ V}$

Nach $t = t_V$ gilt: $U_i = 0 \cdot \text{V}$



Teilaufgabe 2.3.0

Die Enden (1) und (2) der Spule werden leitend verbunden. Die kurzgeschlossene Spule hat den ohmschen Widerstand R. Man lässt die kurzgeschlossene Spule noch einmal in das Magnetfeld hineinfallen.

Teilaufgabe 2.3.1 (2 BE)

Während die Spule in das Magnetfeld eintaucht, fließt durch die Spule ein Induktionsstrom. Geben Sie den Umlaufsinn des Induktionsstromes an. Begründen Sie Ihre Antwort.

Magnetischer Fluss nimmt zu, Induktionsstrom fließt so, dass er seine Ursache zu hemmen sucht, also fließt ein Induktionsstrom, der ein entgegengesetztes Magnetfeld aufbaut, also **entgegen dem Uhrzeigersinn** (Rechte-Hand-Regel).

Teilaufgabe 2.3.2 (4 BE)

Begründen Sie, dass die Beschleunigung der kurzgeschlossenen Spule beim Eintauchen in das Magnetfeld nicht konstant ist.

Kurzschluss, also fließt ein Strom \mathbf{J}_{tech} .

Ein stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld erfährt eine Kraft.

Rechte-Hand-Regel begründet die Kraftwirkung $\mathbf{F}_{\text{magn}} = \mathbf{J}_{\text{tech}} \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{b}$ nach oben.

Die Kraft wird größer, deshalb wird die Beschleunigung kleiner.