

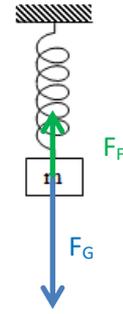
# Klausur

- mechanische und elektromagnetische Schwingungen -

## Teil A

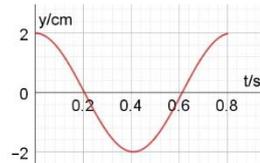
(hilfsmittelfreier Teil – 30min)

- A1: An eine vertikal aufgehängte Feder wird ein Massestück der Masse  $m$  gehängt, so dass die Feder um 10cm gedehnt wird (Gleichgewichtslage). Durch Anheben um  $y=2\text{cm}$  nach oben und Loslassen beginnt zur Zeit  $t=0\text{s}$  eine (fast ungedämpfte) harmonische Schwingung. Nach  $t=0,2\text{s}$  durchläuft der Schwinger erstmalig die Gleichgewichtslage.



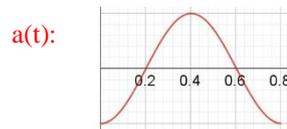
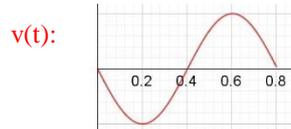
- Veranschaulichen Sie zeichnerisch die wirkenden Kräfte am Schwinger im Moment des Loslassens. 2BE
- Zeichnen Sie den Verlauf dieser Schwingung  $y(t)$  für eine Periode und geben Sie die Schwingungsgleichung an. 3BE

$T=0,8\text{s}$

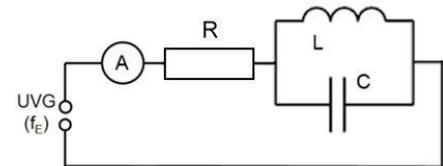


$y(t) = 2\text{cm} \cdot \cos(2,5\pi \cdot t \cdot \text{s}^{-1})$

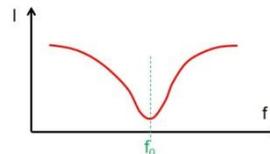
- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf von Geschwindigkeit und Beschleunigung für eine Periode. 2BE



- A2: Die Schaltung zeigt eine Parallelschaltung eines Kondensators der Kapazität  $C$  und einer Spule mit der Induktivität  $L$ , die über einen Widerstand  $R$  und ein Amperemeter mit einem Universalgenerator (UVG) mit weit veränderlicher Frequenz  $f_E$  und konstanter Ausgangsspannung angeschlossen ist. Der Schwingkreis wird zu einer erzwungenen Schwingung angeregt.

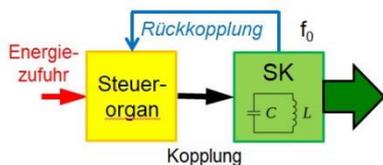


- Zeichnen Sie den Verlauf der Stromstärke, wenn die Frequenz geändert wird:  $\rightarrow I=f(f_E)$ . 2BE
- Erklären Sie physikalisch diesen Verlauf. 2BE



*Im Resonanzfall ( $f_E=f_0$ ) findet im Schwingkreis eine maximale Energieumwandlung ( $E_{el} - E_{magn}$ ) statt. Die Stromstärke zeigt die zugeführte Energie an. Diese ist im Resonanzfall minimal.*

- Erläutern Sie an Hand einer geeigneten Skizze das Prinzip der Erzeugung einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung durch Rückkopplung. 4BE



*Dem SK wird ein kleiner Teil seiner Energie entzogen und einem Steuerorgan zugeführt. Dieses liefert periodisch mit der gleichen Frequenz von außen Energie an den SK und gleicht die Energieverluste aus.*

- A3: Entscheiden Sie, ob folgende Aussagen wahr (w) oder falsch (f) sind (keine Begründung erforderlich). 5BE

- Bei einer harmonischen mechanischen Schwingung ist die Rückstellkraft beim Durchlaufen der Gleichgewichtslage am größten. f
- Jede harmonische Schwingung kann mit einer Sinusfunktion beschrieben werden. w
- Je größer zur Zeit  $t=0$  die Spannung an einem LC-Schwingkreis, desto größer die Periodendauer. f
- Entfernt man aus einem LC-Parallelschwingkreis den Eisenkern der Spule, so erhöht sich die Eigenfrequenz dieses Schwingkreises. w
- Im Resonanzfall einer erzwungenen Schwingung sind Erreger- und Eigenschwingung in Phase. f

-----  
=====  
20BE

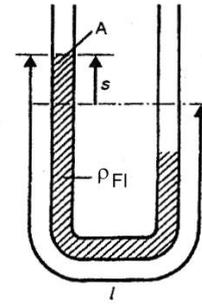
# Klausur

- mechanische und elektromagnetische Schwingungen -

## Teil B

(Lösung mit erlaubten Hilfsmitteln – TR/TW)

B1: In einem U-Rohr der Querschnittsfläche  $A=1\text{cm}^2$  befindet sich eine Wassersäule der Länge  $l=20\text{cm}$ . Durch kurzes Kippen wird die Wassersäule um  $s=5\text{cm}$  aus dem Gleichgewicht gebracht und in Schwingung versetzt.  
(Hinweis: Zu Beginn hat die überstehende Flüssigkeit die Höhe  $2s$ )

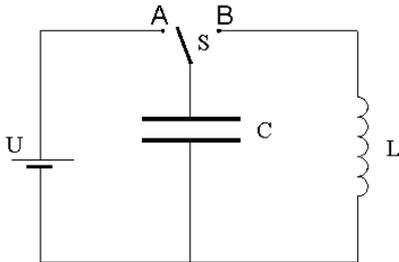


- Begründen Sie, dass diese Schwingung harmonisch ist.
- Zeigen Sie, dass für die Richtgröße  $D$  dieses Systems gilt:

$$D = 2 \cdot \rho_{Fl} \cdot A \cdot g$$

- Berechnen Sie die Richtgröße  $D$  für dieses System und die Periodendauer  $T$  der Schwingung. 4BE
- Beschreiben Sie den Zusammenhang von Periodendauer  $T$  und Länge  $l$  der Flüssigkeitssäule. Stellen Sie die Abhängigkeit  $T=f(l)$  grafisch dar. 2BE

B2:



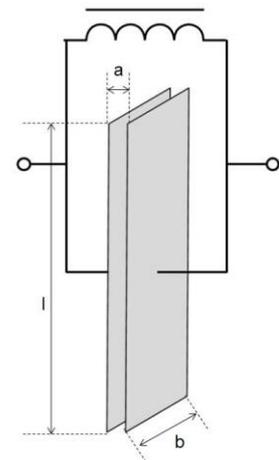
Ein Kondensator der Kapazität  $C=5\mu\text{F}$  wird an einer Batterie  $U=4,5\text{V}$  aufgeladen (Schalterstellung A).

Zur Zeit  $t=0$  erfolgt in Schalterstellung B die Entladung über eine  $l=4\text{cm}$  lange Spule mit  $N=5000$  Windungen und einer Querschnittsfläche  $A=2\text{cm}^2$  ohne Eisenkern.

Es entsteht eine elektromagnetische Schwingung.

- Erklären Sie die Vorgänge in der Spule, die bei der Entladung des Kondensators zu einer Umpolung des Kondensators führen. 3BE
- Berechnen Sie die Frequenz der entstandenen elektromagnetischen Schwingung. 3BE
- Welche Stromstärke kann maximale durch die Spule fließen? 2BE
- Nennen Sie zwei Gründe dafür, dass die entstehende elektromagnetische Schwingung gedämpft ist. 2BE

B3: Zur elektronischen Füllstandsmessung wird ein Schwingkreis aus einer Spule mit  $L=18,3\text{mH}$  und einem Plattenkondensator aus zwei parallelen Platten der Länge  $l=10\text{cm}$ , Breite  $b=5\text{mm}$  und dem Abstand  $a=2\text{mm}$  aufgebaut. Der Kondensator wird in die Flüssigkeit eingetaucht und die Eigenfrequenz durch Resonanz des Schwingkreises ermittelt.



- Berechnen Sie die Eigenfrequenz bei leerem Kondensator. 3BE
- Wie verändert sich die Eigenfrequenz des Schwingkreises, wenn der Innenraum des Kondensators nach und nach mit Wasser gefüllt wird? Begründen Sie. 2BE
- Geben Sie die Eigenfrequenzen bei halber bzw. vollständiger Füllung des Kondensators mit Wasser an. 2BE
- Nennen und beschreiben Sie ein anderes praktisches Beispiel für die Anwendung der Resonanz von Schwingkreisen. 2BE

e\*) Der o.g. Schwingkreis besitzt eine gemessene Eigenfrequenz von  $f_0=100\text{kHz}$ .

Bis zu welcher Höhe ist der Kondensator mit Wasser gefüllt?

+2BE

-----

30BE

=====

ZP	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
BE	48	46	43	41	38	36	33	31	28	26	23	21	17	14	11

## Lösungen Teil B:

- B1: a) Die rücktreibende Kraft entspricht der Gewichtskraft der überstehenden Flüssigkeitsmenge.  
Diese Kraft ist proportional der Höhe der Flüssigkeitssäule (Zylinderform).

Ausführlich:  $F_G = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$  mit  $\rho \cdot A \cdot g = \text{konstant}$

Also gilt:  $F \sim h$  (rücktreibende Kraft ist proportional zur Auslenkung)

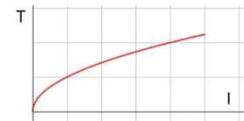
b)  $F_R = -D \cdot x = F_G$

b)  $-D \cdot s = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g = \rho \cdot A \cdot 2 \cdot s \cdot g$  also:  $D = 2 \cdot \rho \cdot A \cdot g$

c)  $\rho(\text{Wasser}) = 1000 \text{kg/m}^3$        $A = 1 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$        $D = \dots = 1,962 \text{N/m}$

$m = 0,02 \text{kg}$        $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = \dots = 0,634 \text{s}$

(oder siehe TW:  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{2g}}$ )



- d) Je länger die Flüssigkeitssäule, desto größer die Masse ( $m \sim l$ ),  
also gilt:  $T \sim \sqrt{l}$

- B2: a) Mit dem Stromstärkemaximum ist das Magnetfeld am stärksten.

Mit dem Abbau des Magnetfeldes erfolgt in der Spule eine **Selbstinduktion**.

Nach dem **Lenzschen Gesetz** ist der erzeugte Induktionsstrom der Ursache, dem abbauenden Magnetfeld, entgegen gerichtet. Der **Strom fließt in die gleiche Richtung weiter**.

Der Stromfluss führt zur Aufladung des Kondensators mit umgekehrter Polarität.

b) Berechnung der Induktivität der Spule:  $L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} = \dots = 0,157 \text{H}$

$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \dots = 179,6 \text{Hz}$

c) Energieansatz:  $E_{el} = E_{mag}$        $\frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} L \cdot I^2$        $I = 25,4 \text{mA}$

- d) Energieverluste durch: - Stromwärme  
- magn. Feldverluste in der Umgebung  
- Erwärmung im Dielektrikum des Kondensators durch elektr. Wechselfeld (Molekülbewegungen)  
- Wirbelströme

B3: a) Berechnung der Kapazität:  $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$        $A = 5 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$        $C_0 = 2,214 \text{pF}$

$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \dots = 790,8 \text{kHz}$

- b) Die Frequenz nimmt ab, da die Kapazität  $C$  durch  $\epsilon_r > 1$  zunimmt.

c)  $\epsilon_{\text{Wasser}} = 81$        $C(\text{vollständig gefüllt}) = \epsilon_{\text{Wasser}} \cdot C_0 = 1,8 \cdot 10^{-10} \text{F}$        $f = 87,9 \text{kHz}$

$C(\text{halb gefüllt}) = 9,1 \cdot 10^{-11} \text{F}$        $f = 123,3 \text{kHz}$

- d) - Abstimmkreis eines Rundfunksenders, Metalldetektor, Warensicherung (RF-Etiketten),  
RFID-Transponder (...siehe Präsentation)

ZA: Berechnung der Kapazität bei 100kHz:  $C = 1,384 \cdot 10^{-10} \text{F}$

Parallelschaltung eines gefüllten und ungefüllten Kondensators:  $\dots h \approx 7,7 \text{cm}$