

# Klausur

- mechanische und elektromagnetische Schwingungen -

## Teil A

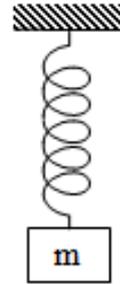
(hilfsmittelfreier Teil – 30min)

### A1: Mechanische Schwingung:

An eine vertikal aufgehängte Feder wird ein Massestück der Masse  $m$  gehängt, so dass die Feder um 10cm gedehnt wird. Damit befindet sie sich in der 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.



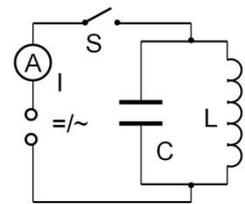
a) Veranschaulichen Sie in der nebenstehenden Abbildung zeichnerisch die wirkenden Kräfte am Schwinger im Moment des Loslassens. 2BE

b) Zeichnen Sie den Verlauf dieser Schwingung  $y(t)$  für eine Periode und geben Sie die Schwingungsgleichung an. 2BE

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

### A2: Elektromagnetische Schwingungen:

Ein LC-Parallelschwingkreis der Eigenfrequenz  $f_0$  ist über einen geschlossenen Schalter  $S$  und einem Amperemeter zunächst mit einer Gleichspannungsquelle verbunden. Nach Öffnen des Schalters entsteht eine kurzzeitige elektrische Schwingung.



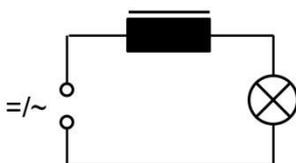
a) Erläutern Sie die Vorgänge in der Spule, die zur (periodischen) Umladung des Kondensators führen. 3BE

Die Gleichspannung wird nun durch einen Universalgenerator (UVG) veränderlicher Frequenz  $f$  mit  $f_{\text{Anfang}} < f_0 < f_{\text{Ende}}$  ersetzt und bei geschlossenem Schalter die Stromstärke  $I$  gemessen.

b) Skizzieren Sie den Zusammenhang  $I=f(f)$  und erläutern Sie diesen grafischen Verlauf. 3BE

c) Erklären Sie an Hand einer geeigneten Skizze das Grundprinzip der Erzeugung einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung durch Rückkopplung. 3BE

### A3: Wechselstromkreis:



Die Abbildung zeigt eine Reihenschaltung einer Glühlampe und einer Spule mit hoher Induktivität und einem massiven Eisenkern. Die Schaltung kann an eine Gleichspannung  $U$  oder eine Wechselspannung  $U_{\text{eff}}$  der Frequenz  $f$  mit der Bedingung  $U = U_{\text{eff}} = \text{konstant}$  angeschlossen werden.

a) Vergleichen und begründen Sie die Helligkeiten der Lampe beim Anschluss an die Gleich- bzw. Wechselspannung. 2BE

b) Der Kern wird im Gleich- bzw. Wechselstromkreis entfernt. Welche Veränderungen ergeben sich in beiden Fällen. Begründen Sie jeweils. 2BE

c) Im Wechselstromkreis wird die Frequenz  $f$  vergrößert.

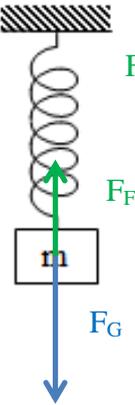
Welches Verhalten an der Glühlampe kann man beobachten? 1BE

-----  
20BE  
====

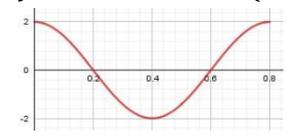
# Klausur

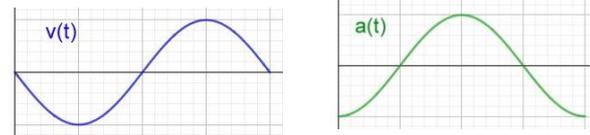
- mechanische und elektromagnetische Schwingungen -

## Teil A (Lösungen)

A1: a)   $F_F < F_G$  2BE

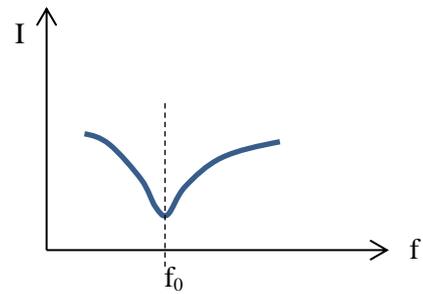
b)  $T=0,8s$   $y(t) = 2cm \cdot \cos(2,5\pi \cdot t)$  2BE



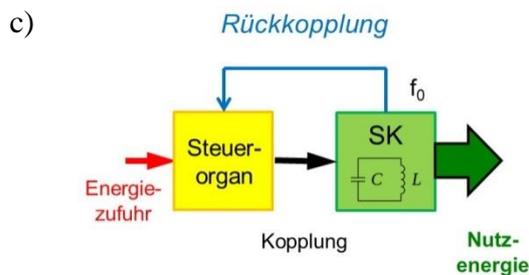
c)  2BE

- A2: a) - bei maximaler Stromstärke existiert ein Magnetfeld mit maximaler Flussdichte  
 - beim Abbau (Zusammenbrechen) des Magnetfeldes wird durch **Selbstinduktion** in der Spule ein Strom induziert  
 - nach dem **Lenzschen Gesetz** wirkt der Stromfluss seiner Ursache entgegen, d.h. der **Strom fließt in gleicher Richtung weiter** (Magnetfeld soll bestehen bleiben!) 3BE  
 - fließender Strom lädt den Kondensator mit umgekehrter Polarität auf

- b) Das Amperemeter zeigt die zugeführte Stromstärke (Energie) zum Schwingkreis. Bei Annäherung an die Eigenfrequenz ist **immer weniger Energie** für den Ausgleich der Energieverluste notwendig. Im **Resonanzfall** findet eine maximale Energieumwandlung im SK (Kondensator  $\longleftrightarrow$  Spule) statt.



3BE



Dem SK wird ein kleiner Teil seiner **Energie mit der Frequenz  $f_0$  entzogen**. Damit wird **periodisch** von außen Energie der gleichen Frequenz dem Schwingkreis **zurückgeführt**.

3BE

- A3: a) **Gleichstrom heller** am im Wechselstromkreis, im WSK entsteht ein **zusätzlicher induktiver Widerstand** 2BE
- b) Gleichstrom: keine Veränderung (nur ohmscher Widerstand) 2BE  
 Wechselstrom: Lampe wird heller da induktiver Widerstand kleiner wird 2BE
- c) **Helligkeit** der Lampe **nimmt ab**. (weil induktiver Widerstand zunimmt) 1BE

# Klausur

- mechanische und elektromagnetische Schwingungen -

## Teil B

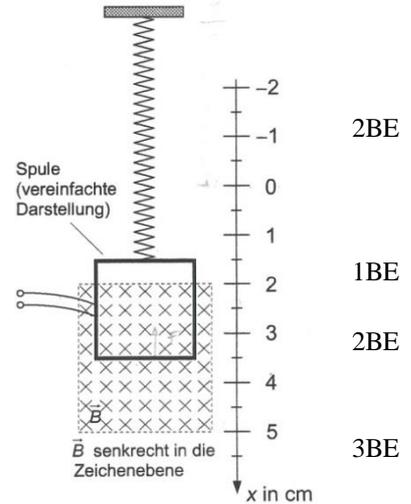
(Lösung mit erlaubten Hilfsmitteln – TR/TW)

B1: An einer Feder hängt eine quadratische Spule der Masse  $m=100\text{g}$  und der Windungszahl  $N=100$  im Ruhezustand. Das untere Ende der Feder befand sich ohne angehängte Spule am Ort  $x=0$ .

a) Bestimmen Sie aus den Angaben in der Abbildung die Federkonstante  $D$  dieser Feder. 2BE

Die Feder wird um  $\Delta x=0,5\text{cm}$  nach unten gezogen und zur Zeit  $t=0\text{s}$  freigegeben, so dass eine ungedämpfte Schwingung entsteht.

- b) Berechnen Sie die Periodendauer der Schwingung.  
 c) Mit welcher maximalen Geschwindigkeit bewegt sich die Spule durch die Gleichgewichtslage?  
 d) Berechnen Sie den Maximalwert der in der Spule induzierten Spannung bei einer magnetischen Flussdichte von  $B=0,4\text{T}$  und zeichnen Sie den Verlauf von  $u(t)$  für eine Periode.



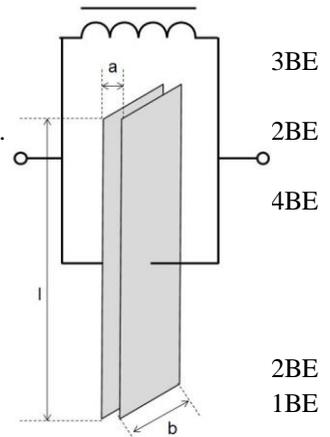
Die Spulenden werden miteinander verbunden.

e) Beschreiben Sie das Verhalten der Schwingung und begründen Sie physikalisch. 2BE

B2: Zur elektronischen Füllstandmessung wird ein Schwingkreis aus einer Spule mit  $L=18,0\text{mH}$  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 (siehe Abbildung).

Der Kondensator wird in die Flüssigkeit eingetaucht und die Eigenfrequenz durch Resonanz des Schwingkreises ermittelt.

- a) Berechnen Sie die Eigenfrequenz  $f_0$  bei leerem Kondensator.  
 b) Erläutern Sie, wie sich die Eigenfrequenz des Schwingkreises verändert, wenn der Innenraum des Kondensators nach und nach mit Wasser gefüllt wird.  
 c) Ermitteln Sie die Eigenfrequenzen bei halber bzw. vollständiger Füllung des Kondensators mit Wasser.



Messungen an einem solchen Schwingkreis ergaben an dem ungefülltem Kondensator eine maximale Spannung von  $U_{\text{max}} = 12,0\text{V}$ .

- d) Bestimmen Sie, welche maximale Stromstärke durch die Spule fließen kann.  
 e) Begründen Sie, weshalb die tatsächliche Stromstärke geringer ist.

B3: Messungen an einer Spule mit 3000 Windungen, einer Querschnittsfläche von  $A=2,5\text{cm}^2$ , der Länge  $l=8\text{cm}$  und einem Eisenkern ergaben folgende Messwerte:

	Gleichstrom	Wechselstrom (50Hz)
U in V	8,4	6,3
I in mA	35,0	14,0

- a) Berechnen Sie aus diesen Angaben die Induktivität  $L$  dieser Spule. 4BE  
 b) Bestimmen Sie rechnerisch die Permeabilitätszahl  $\mu_r$  des Eisenkerns. 2BE  
 c) Geben Sie die Phasenverschiebung  $\varphi$  zwischen der Wechselspannung und -stromstärke an und begründen Sie, dass die Phasenverschiebung mit zunehmender Frequenz steigt. 2BE

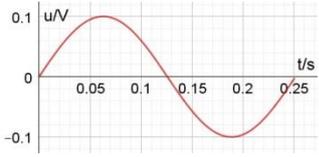
-----  
30BE  
=====

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

# Klausur

- mechanische und elektromagnetische Schwingungen -

## Teil B (Lösungen)

- B1: a)  $\Delta s = 1,5\text{cm}$      $F_G \approx 0,981\text{N}$      $D = \frac{F_G}{s} = 65,4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$     2BE
- b)  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{0,1\text{kg}}{65,4 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = 0,246\text{s} \approx 0,25\text{s}$     1BE
- c)  $E_{pot} = E_{kin}$      $\frac{1}{2}D \cdot s^2 = \frac{1}{2}m \cdot v^2$      $v = s \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} = 0,005\text{m} \cdot \sqrt{\frac{65,4\frac{\text{N}}{\text{m}}}{0,1\text{kg}}} = 0,128\text{m/s} \approx 0,13\text{m/s}$     2BE
- d) Induktion in einem geraden Leiter (mehrere parallele Leiter):  
 $U_{ind} = N \cdot B \cdot l \cdot v = 100 \cdot 0,4\text{T} \cdot 0,02\text{m} \cdot \frac{0,128\text{m}}{\text{s}} = 0,1\text{V}$         3BE
- e) Die Schwingung wird stark **gedämpft**.  
 Durch den Kurzschluss fließt ein **Induktionsstrom**, der der Ursache (der Bewegung) entgegen gerichtet ist und eine der Bewegung entgegen gerichtete Kraft hervorruft.    2BE
- B2: a) Berechnung  $C_0$ :     $C_0 = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = \epsilon_0 \frac{l \cdot b}{a} = \dots = 2,214\text{pF} \approx 2,2\text{pF}$     3BE  
 $f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{18,0 \cdot 10^{-3}\text{H} \cdot 2,214 \cdot 10^{-12}\text{F}}} = 780\text{kHz}$
- b) Mit zunehmender Füllung ( $\epsilon_r$ ) **steigt die Kapazität** des Kondensators, damit wird **die Frequenz kleiner**    2BE
- c)  $\epsilon_r(\text{Wasser}) = 81$     vollständige Füllung:     $C_{voll} = \epsilon_r \cdot C_0 = 178,2\text{pF}$   
 $f_{voll} = \dots \approx 89\text{kHz}$   
 halbe Füllung:     $C_{halb} = \frac{1}{2}C_{voll} + \frac{1}{2}C_0 \approx 90\text{pF}$   
 $f_{halb} = \dots \approx 125\text{kHz}$     4BE
- d)  $E_{el} = E_{mag}$      $\frac{1}{2}C \cdot U^2 = \frac{1}{2}L \cdot I^2$      $I = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 12\text{V} \cdot \sqrt{\frac{2,2\text{pF}}{18\text{mH}}} = 0,13\text{mA}$     2BE
- e) Durch Stromfluss treten **Verluste** auf (Wirbelstrom, Feldverluste, Stromwärme, ...)    1BE
- B3: a)  $R = \frac{U}{I} = \dots = 240\Omega$      $Z = \frac{U}{I} = \dots = 450\Omega$      $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = 380,6\Omega$   
 $L = \frac{X_L}{2\pi f} = 1,21\text{H}$     4BE
- b)  $L_0 = \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l} = \dots = 0,0353\text{H}$      $\mu_r = \frac{L}{L_0} = 34,2$     2BE
- c)  $\tan(\varphi) = \frac{X_L}{R}$      $\varphi = 57,8^\circ$   
 Mit zunehmender Frequenz **steigt der induktive Widerstand**, der ohmsche Widerstand bleibt konstant    2BE