

**Fachhochschule Aalen**  
**Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen**  
**Physik II Dr. Haan**

**Abschlussklausur am 09. Februar 2004**

Folgendes bitte in Druckbuchstaben schreiben:

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Geburtstag: \_\_\_\_\_

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Erstversuch oder n-ter Wiederholer: \_\_\_\_\_

Sie haben für die Klausur 90 Minuten Zeit. Die Klausur enthält 7 Aufgaben. Sie können insgesamt 45 Punkte erreichen. Mit 22 Punkten haben Sie sicher bestanden.

Bitte denken Sie daran, dass ich 45 Klausuren korrigieren muss. Unlesbare Texte und fragmentarische Rechnungen können bei der Bewertung nicht berücksichtigt werden. Wenn Sie die Rückseite eines Blattes brauchen, machen Sie bitte auf der Vorderseite einen deutlich sichtbaren Vermerk „bitte wenden“.

Viel Erfolg

Ihr Hubertus Haan

## 1. Aufgabe (8 Punkte)

Thema Orgelpfeifen.

- (a) Eine Orgelpfeife soll mit dem Grundton den C (Frequenz 264 Hz) erzeugen. Die Pfeife sei eine sogenannte gedackte Pfeife, d.h. sie ist an einem Ende verschlossen und wird durch Anblasen zu Schwingungen angeregt, die zu einer stehenden Welle führen. Skizzieren Sie die Druckamplitude des Grundtones in Abhängigkeit vom Ort in der Orgelpfeife. Berechnen Sie die Länge der Orgelpfeife (Schallgeschwindigkeit  $c=343$  m/s).
- (b) Ein zweite, beidseitig offene Pfeife soll in ihrem ersten Oberton die gleiche Frequenz haben wie die gedackte Pfeife aus dem Aufgabenteil a). Wie lang muss diese Pfeife sein und welche Frequenz hat ihr Grundton? Skizzieren Sie die Druckamplitude des Grundtones und des ersten Obertones in Abhängigkeit vom Ort in der Orgelpfeife (Schallgeschwindigkeit  $c=343$  m/s).

**Lösung:**

a) Bedingung  $l = \frac{\lambda}{4}$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad l = \frac{c}{4f} = \frac{343 \text{ m/s}}{4 \cdot 264 \text{ Hz}} = 0.33 \text{ m}$$

b) 1. Oberschwingung Bedingung:  $l = \lambda$

$$l = \frac{c}{f} = \frac{343 \text{ m/s}}{264 \text{ Hz}} = 1.3 \text{ m}$$

Grundton  $l = \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = 2l = 2.6 \text{ m}$

$$f = \frac{c}{\lambda} = 132 \text{ Hz}$$

Oder mit Formel aus Script:

$$f_n = (n+1)f_0 \quad \text{mit} \quad f_1 = 264 \text{ Hz} \rightarrow f_0 = 132 \text{ Hz}$$

## 2. Aufgabe (8 Punkte)

Bei dem unten abgebildeten Versuch handelt es sich um einen ca. 40 Jahre alten Aufbau aus einer Spule mit verlängertem Kern und einem Metall-Zylinder, der über den Kern gestülpt werden kann. Die Spule kann über einen Taster an eine Spannungsquelle angeschlossen werden, vorgesehen ist 220 V Wechselspannung mit 50 Hz. Wird der Taster geschlossen, so wirkt auf den Ring eine Kraft derart, dass der Ring von der Spule abgestoßen wird und über den verlängerten Kern weg fliegt.



Beschreiben Sie kurz mit eigenen Worten die physikalischen Gesetze, die diesen Vorgang erklären. Eine quantitative Berechnung ist nicht gefordert, lediglich eine qualitative Benennung der Physik, die bei diesem Effekt eine Rolle spielt

### Lösung:

Beim Einschalten des Magnetfeldes wird im Ring ein Strom induziert, der so fließt, dass er den magnetischen Fluss  $\Phi$  durch den Ring in seiner ursprünglichen Stärke zu erhalten versucht = Lenzsches Gesetz.

Das Feld der Spule und das Feld, welches sich aufgrund des o.g. Effektes aufbaut, haben zwischen Spule und Ring eine Verdichtung  $\rightarrow$  Ring wird von Spule abgestoßen.

### 3. Aufgabe (1 Punkt)

Ein Mensch kann getötet werden, wenn ein kleiner Strom von 50 mA durch sein Herz fließt. Ein Elektriker mit verschwitzten Händen macht einen guten Kontakt mit den beiden Stromanschlüssen, von denen er je einen in einer Hand hält. Der Elektriker hat einen Widerstand von 2 k $\Omega$ .

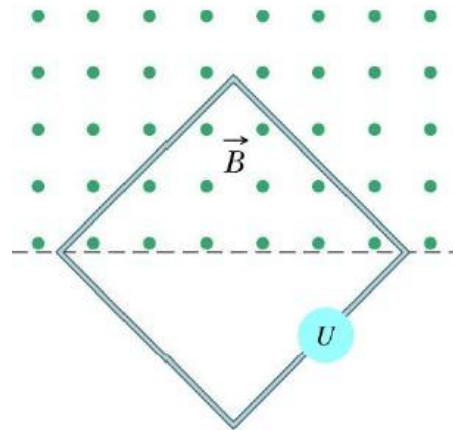
Was wäre die tödliche Spannung?

Lösung:  $U=RI=100V$ .

#### 4. Aufgabe (4 Punkte)

Eine quadratische Leiterschleife (Kantenlänge  $l=2\text{m}$ ) befindet sich zur Hälfte in einem homogenen Magnetfeld, das senkrecht zur Leiterschleife steht. Das Magnetfeld ändert sich nach der Beziehung

$$B(t) = 0,042 - 0,87 \cdot t$$



Wie groß ist die in der Leiterschleife induzierte Spannung  $U$ ?

**Lösung:**

$$\Phi = BA = \frac{l^2 B}{2}$$

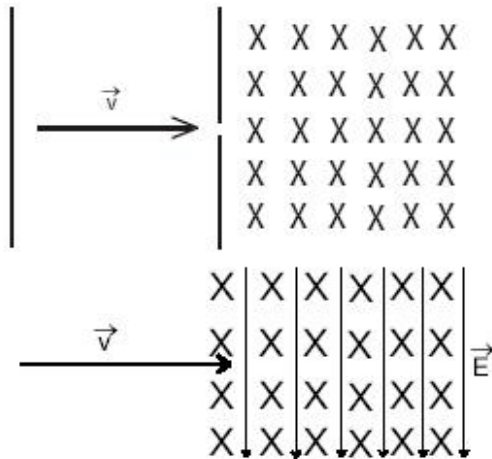
$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{l^2}{2} \frac{dB}{dt}$$

$$\frac{dB}{dt} = -0,87 \frac{\text{T}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow U = 1,74\text{V}$$

## 5. Aufgabe (8)

Einfach positiv geladene Ionen werden in einem Kondensator mit der Spannung  $U=200\text{V}$  beschleunigt. Danach treten sie in ein Magnetfeld ein, das senkrecht zur Zeichenebene liegt und in die Zeichenebene hineinzeigt. Seine Feldstärke beträgt  $B=0.15\text{ T}$ .



- Wie werden die Ionen im Magnetfeld abgelenkt?
- Die Kreisbahn hat einen Radius von  $r=0.051\text{ m}$ . Welche Masse haben die Ionen?
- Wie schnell sind die Ionen beim Verlassen des Kondensators?
- Damit die Ionen geradlinig durch das magnetische Feld fliegen, legt man senkrecht zum magnetischen Feld ein elektrisches Feld (mit der Feldstärke  $E$ ) an, das die Ablenkung kompensiert. Wie groß muss die elektrische Feldstärke sein?

### Lösung:

Die Ionen werden auf eine Geschwindigkeit von

$$v = \sqrt{2 \frac{e}{m} U}$$

beschleunigt, im Magnetfeld fliegen sie auf einer Kreisbahn, bei der angegebenen Feldrichtung gegen den Uhrzeigersinn, „nach links“.

Gleichsetzen von Zentripetalkraft und Lorentzkraft ergibt:

$$evB = \frac{mv^2}{r}$$

Auflösen nach  $v$

$$v = \frac{Ber}{m}$$

Verwendung vom obigen Ausdruck

$$\frac{B^2 r^2 e^2}{m^2} = 2 \frac{e}{m} U$$

und daraus

$$m = \frac{B^2 r^2 e}{2U} = 2.343 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

also Stickstoff. Mit der bekannten Masse nun auch die Geschwindigkeit:

$$v = \frac{Ber}{m} = 5.23 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Lorentzkraft gleich Coulomb-Kraft:

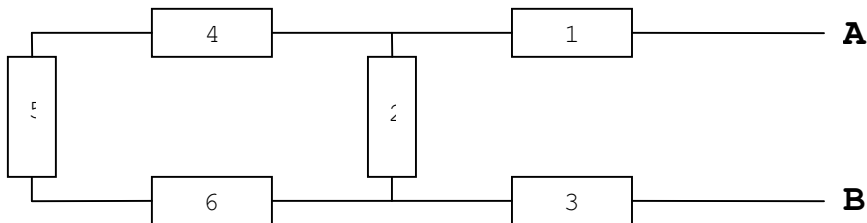
$$evB = eE$$

Damit:

$$E = vB = 7840 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

## 6. Aufgabe (6 Punkte)

Gegeben ist folgende Schaltung mit identischen Einzelwiderständen mit jeweils  $R=3\Omega$ .



- Berechnen Sie den Gesamtwiderstand der Schaltung zwischen den Punkten A und B.
- Wie groß ist der Spannungsabfall am Widerstand 2, wenn zwischen den Punkten A und B eine Spannung von  $U=5V$  anliegt?
- Welcher Strom fließt dann durch den Widerstand 5?

**Lösung:**

$$a) \quad R_{ges} = R_1 + R_3 + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4 + R_5 + R_6} \right)^{-1} = 8.25\Omega$$

$$b) \quad I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = 0.606 A$$

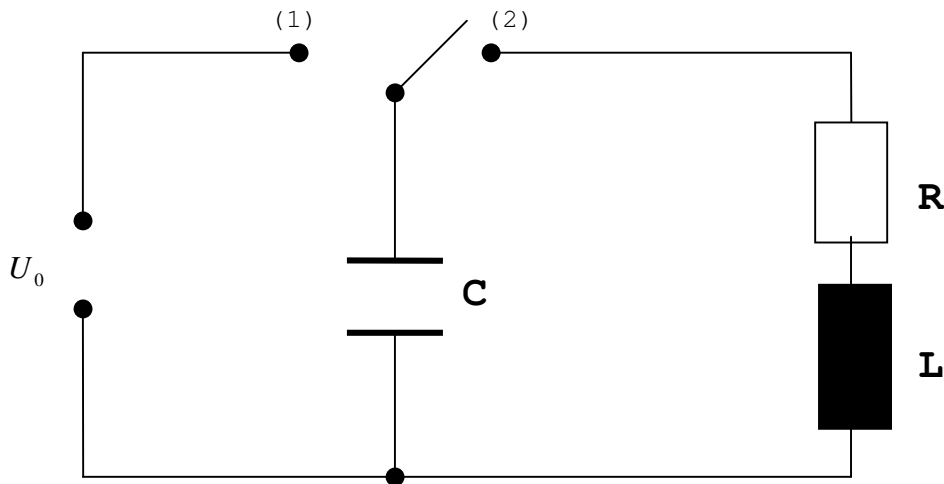
$$U_2 = I_{ges} \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4 + R_5 + R_6} \right)^{-1} = 1.36V$$

$$c) \quad I_5 = \frac{U_2}{R_4 + R_5 + R_6} = 0.15 A$$



## 7. Aufgabe (10 Punkte)

Das Schaltbild zeigt einen Schwingkreis. In der Schalterstellung (1) wird der Kondensator mit Gleichspannung auf  $U_0$  geladen. Durch Umlegen des Schalters nach (2) wird der Stromkreis kurzgeschlossen und die Spannungsquelle abgekoppelt.



- Stellen Sie die Differenzialgleichung für  $U(t)$  für die Schalterstellung (2) auf. Im Folgenden betrachten Sie bitte den gleichen Schwingkreis (Schalterstellung 2) jedoch ohne Widerstand, also  $R=0$ .
- Wie hängt die Schwingungsdauer von der Induktivität der Spule  $L$  und der Kapazität des Kondensators ab?
- Der Kondensator habe eine Kapazität von  $2.3875 \text{ nF}$  und der Schwingkreis soll mit einer Frequenz von  $103 \text{ MHz}$  oszillieren. Wie groß muss die Eigeninduktivität der Spule  $L$  sein?
- Wie sieht der zeitliche Verlauf des Stromes  $I(t)$ , der Ladung  $Q(t)$  und der Spannung  $U(t)$  (am Kondensator) aus?
- Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$  (Umschalten von 1 nach 2) ist der Kondensator mit  $U_0$  geladen. Nach  $10 \text{ ns}$  ist die Spannung auf  $U_1 = 50 \text{ V}$  abgesunken. Wie hoch war die Ladespannung  $U_0$ ? Welcher Strom fließt bei  $t_1 = 10 \text{ ns}$ ?
- Was ändert sich, wenn  $R > 0$  ist?

**Lösung:**

$$\text{a) } U_0 = 0 = \frac{Q}{C} + RI + L \frac{dI}{dt} = \frac{Q}{C} + R \frac{dQ}{dt} + L \frac{d^2Q}{dt^2}$$

entspricht dem gedämpften harmonischen Oszillator

b)  $T = 2\pi\sqrt{CL}$

c)  $L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} = \frac{1}{(2\pi \cdot 103 \cdot 10^6 \text{ Hz})^2 \cdot 2.3875 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 1 \text{ nH}$

d) Lösungsansatz  $Q(t) = Q_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$

Zur Phase  $\varphi_0$ : da Kondensator bei  $t_0$  voll geladen ist, ist  $Q(t) = Q_0$  also muß

$$\varphi_0 = 90^\circ = \frac{1}{2\pi}$$

gewählt werden.  $Q(t) = Q_0 \cos(\omega t)$

mit  $I = \frac{dQ}{dt}$  folgt  $I(t) = -Q_0 \omega \sin(\omega t) = I_0 \sin(\omega t)$  mit  $I_{\max} = I_0 = -Q_0 \omega$

Am Kondensator ist  $Q = UC$  und damit  $U(t) = \frac{Q(t) \cos(\omega t)}{C} = U_0 \cos(\omega t)$

e)  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = 647.17 \text{ Mrad}$

$$U(t) = U_0 \cos(\omega t) \rightarrow U_0 = \frac{U(t)}{\cos(\omega t)} = \frac{50 \text{ V}}{\cos(647.0 \text{ Mrad} \cdot 10 \text{ ns})} = 50.32 \text{ V}$$

$$I_0 = Q_0 \omega = U_0 C \frac{1}{\sqrt{LC}} = 100 \text{ V} \sqrt{\frac{2.3875 \text{ nF}}{1 \text{ nH}}} = 155 \text{ A} \quad \text{mit} \quad V \sqrt{\frac{\text{As/V}}{\text{Vs/A}}} = \text{A}$$

$$I(t) = I_0 \sin(\omega t) = 155 \text{ A} \sin(647.17 \text{ Mrad} \cdot 10 \text{ ns}) = 17.47 \text{ A}$$

f) Exponentielle Dämpfung!

Für  $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$  und  $I_0$  mit  $I(t) = I_0 e^{-Rt/2L}$

Wenn  $R \geq 2\sqrt{\frac{L}{C}}$  gibt es keine Schwingung mehr, Kriechfall.