Klausur zum SS 2001 12. Juli 2001

Studiengang: MY
Fach: PH2

Aufgabenstellung: Otto
Bearbeitungszeit: 120 min
Hilfsmittel: einfacher wissenschaftlicher Taschenrechner, handgeschriebene eigene Formelsammlung!

Name: ..................................................

Matrikel-Nr.: ..................................................

Semester: ..................................................

Hinweis: Der von Ihnen gewählte Lösungsweg sollte sich zweifelsfrei erkennen lassen. Ein Ergebnis ohne Rechnung oder Erklärung kann nicht gewertet werden.

> Bitte bearbeiten Sie die Aufgaben in den dafür vorgesehenen Feldern auf diesen Aufgabenblättern. Sollte der Platz nicht ausreichen, so verwenden Sie die Rückseite des vorherigen Blattes.

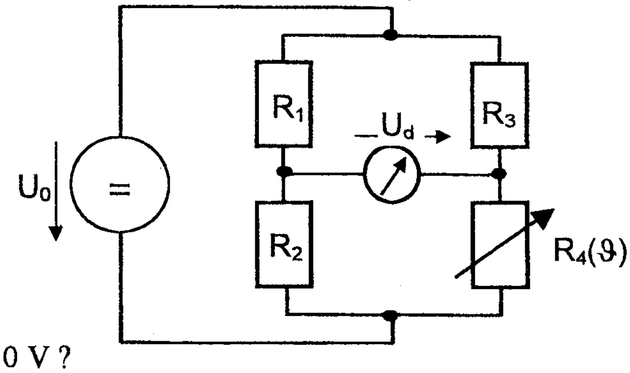
Wertung:

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | $P_{ges}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | **6** | **6** | **5** | **5** | **7** | **7** | **41** |
| | | | | | | | |

Note 1.0 ab 41 Pkte (d.h. ab 98%)
Note 4.0 (bestanden) ab 20 Pkte (d.h. ab 48%)

Note: ..........................

**Aufgabe 1 (2+3 Punkte):** In eine Messbrücke wird wie skizziert ein temperaturabhängiger Widerstand $R_4(\vartheta)=300\Omega\cdot(1+\alpha\cdot\vartheta)$ eingesetzt ($\vartheta$ in °C).




Daten: $U_0 = 21{,}75$ V,
$R_1 = 80\ \Omega$, $R_2 = 120\ \Omega$, $R_3 = 240\ \Omega$,
$\alpha = 8\cdot 10^{-3}\ \frac{1}{°C}$

a) Bei welcher Temperatur $\vartheta$ ist die Brückenspannung $U_d = 0$ V ?

b) Welche Spannung $U_d$ wird bei 100°C angezeigt?

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \qquad R_4 = \frac{R_2}{R_1}\cdot R_3 = \frac{120\,\Omega}{80\,\Omega}\cdot 240\,\Omega = \underline{\underline{360\,\Omega}}$$

$$R_4(\vartheta) = 300\,\Omega\,(1+\alpha\vartheta) = 360\,\Omega$$

$$\frac{360\,\Omega}{300\,\Omega} = 1+\alpha\vartheta$$

$$\vartheta = \frac{1{,}2-1}{\alpha} = \frac{1{,}2-1}{8\cdot 10^{-3}\frac{1}{°C}} = \underline{\underline{25\,°C}}$$

$$R_4(100°C) = 300\,\Omega\,\left(1+100°C\cdot 8\cdot 10^{-3}\frac{1}{C°}\right) = \underline{\underline{540\,\Omega}}$$

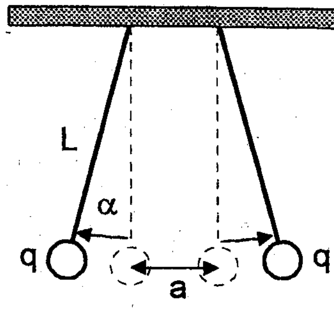
Über das Voltmeter fliesst kein Strom, weil sein Innenwiderstand „unendlich" groß ist.

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot U_0 = 21{,}75\,V\cdot\frac{120\,\Omega}{80\,\Omega+120\,\Omega} = \underline{\underline{13{,}05\,V}}$$

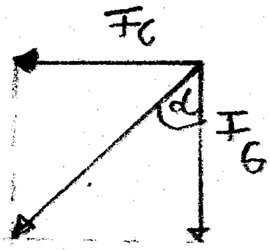
$$U_4 = \frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot U_0 = 21{,}75\,V\cdot\frac{540\,\Omega}{240\,\Omega+540\,\Omega} = \underline{\underline{15{,}05\ldots V}}$$

$$U_D = U_2 - U_4 = 13{,}05\,V - 15{,}05\,V = \underline{\underline{-2\,V}}$$

**Aufgabe 2 (6 Punkte):** Zwei Kugeln mit Masse je 12 g hängen zunächst im Abstand a = 10 cm an Fäden der Länge L =50 cm senkrecht herunter. Nachdem beide Kugeln mit gleicher Ladung q aufgeladen wurden, stoßen sie sich ab, so dass die Fäden den Winkel $\alpha = 5°$ zur senkrechten Richtung bilden.




Wie groß ist die aufgebrachte Ladung q ?
($\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$ )



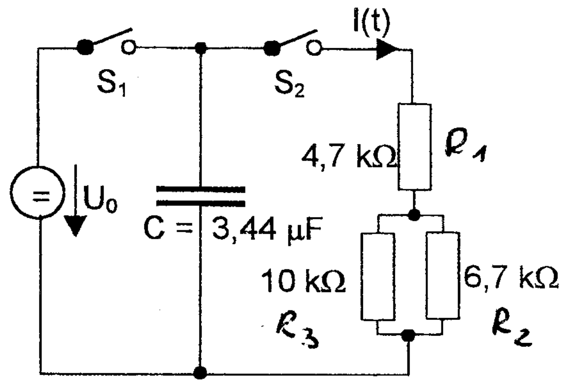

$$\tan \alpha = \frac{F_C}{F_G}$$

$$F_C = F_G \cdot \tan\alpha = m \cdot g \tan\alpha$$
$$= 0{,}012\,kg \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot \tan 5°$$
$$= 0{,}0103\,N$$

$$F_C = \frac{q^2}{4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot (a + 2L\sin\alpha)^2}$$

$$q = \sqrt{4\pi\varepsilon_0 \cdot F_C \cdot (a+2L\sin\alpha)^2} = \sqrt{4\pi \cdot 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot 0{,}0103N}$$
$$\cdot (0{,}1m + 2 \cdot 0{,}5m \cdot \sin 5°) = \underline{\underline{2{,}00 \cdot 10^{-7}C}}$$

**Aufgabe 3 (2+3+1 Punkte):** In nebenstehender Schaltung wird der Kondesator C zuerst bei geöffnetem Schalter $S_2$ und geschlossenem $S_1$ auf $U_0 = 202$ V aufgeladen. Dann wird die Spannungsquelle abgekoppelt ($S_1$ geöffnet) und $S_2$ geschlossen: der Kondensator entlädt sich.

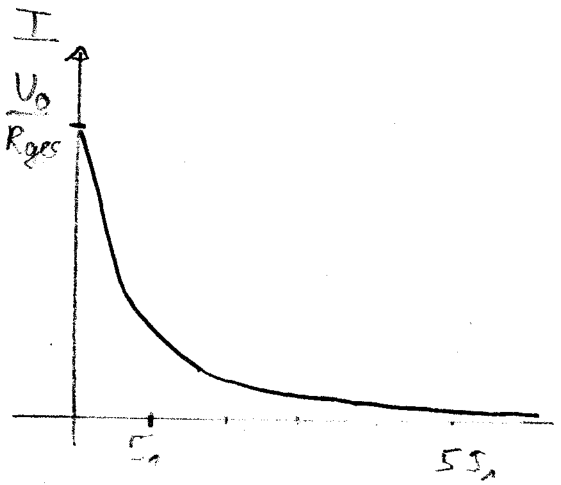



a) Skizzieren Sie den Entladestrom I(t) !

b) Berechnen Sie den maximalen Entladestrom und die Zeitkonstante der Entladung!

c) Wieviel Energie wird während des Entladevorgangs insgesamt in den drei Widerständen in Verlustwärme umgesetzt?

a)




b)

$$R_{ges} = R_2 \| R_3 + R_1$$

$$= \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_1$$

$$= \frac{6{,}7\,k\Omega \cdot 10\,k\Omega}{6{,}7\,k\Omega + 10\,k\Omega} + 4{,}7\,k\Omega$$

$$= \underline{\underline{8{,}712\ k\Omega}}$$

$$\tau_1 = C \cdot R_{ges} = 3{,}44 \cdot 10^{-6}\,F \cdot 8712\,\Omega = \underline{\underline{0{,}03\,s}}$$

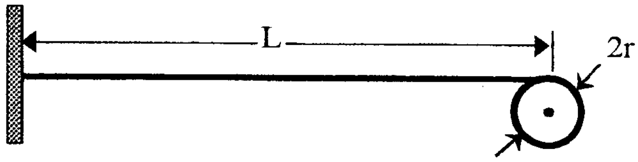
$$i(t) = \frac{U_0}{R_{ges}} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_1}}$$ maximal bei $e^0 = 1$

$$i_{max} = \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{202\,V}{8712\,\Omega} = \underline{\underline{0{,}023\,A}}$$

c)

$$E = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2}\, 3{,}44 \cdot 10^{-6}\,F \cdot (202\,V)^2 = \underline{\underline{0{,}07\,J}}$$

**Aufgabe 4 (5 Punkte):** Eine Klaviersaite, die die Länge L = 0,78 m und die Masse m = 8,28 g hat, soll auf die Grundfrequenz $f_0$ = 440 Hz abgestimmt werden.




Mit welchem Drehmoment M muß man das Spannrädchen (r = 4 mm) andrehen?

$$f_0 = (n+1) \cdot \frac{v_{Ph}}{2L} \qquad f_0 \Rightarrow n = 0$$

$$f_0 = \frac{v_{Ph}}{2L} \Rightarrow v_{Ph} = 2L \cdot f_0 = 2 \cdot 0{,}78\,m \cdot 440\,\frac{1}{s} = \underline{\underline{686{,}4\,\frac{m}{s}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} \qquad \sigma = \frac{F}{A} \qquad \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{A \cdot L}$$

$$v = \sqrt{\frac{\frac{F}{A}}{\frac{m}{l \cdot A}}} = \sqrt{\frac{F \cdot l}{m}} \qquad \uparrow^2$$

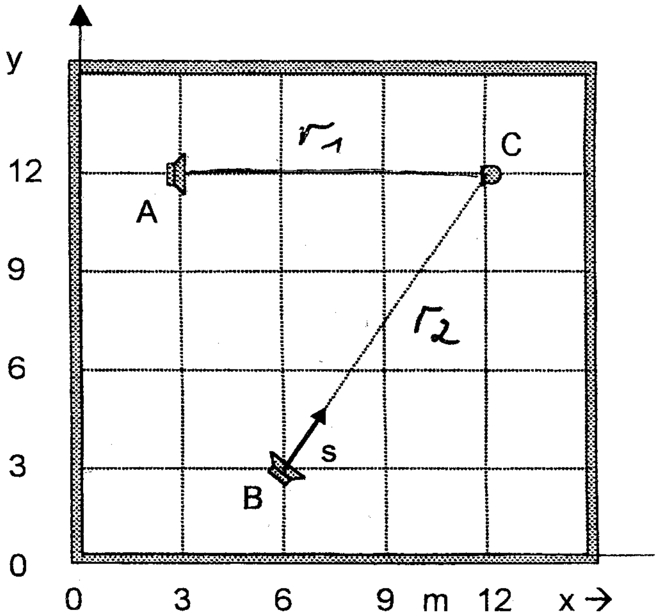
$$v^2 = \frac{F \cdot l}{m} \qquad F = v^2 \cdot \frac{m}{l} = \left(686{,}4\,\frac{m}{s}\right)^2 \cdot \frac{0{,}00828\,kg}{0{,}78\,m}$$

$$= \underline{\underline{5001{,}38\,N}}$$

$$M = F \cdot r = 5001{,}38\,N \cdot 0{,}004\,m = \underline{\underline{20\,Nm}}$$

**Aufgabe 5 (5 Punkte):** In einem Tonstudio mit reflexionsfreien Wänden wird bei A ein Lautsprecher und bei C ein Mikrofon aufgestellt. Zusätzlich befindet sich bei B ein zweiter Lautsprecher, der auf der Verbindungslinie $\overline{BC}$ um die Strecke s verschoben werden kann. Beide Lautsprecher werden gleichphasig mit einer Frequenz f = 500 Hz angeregt.

Berechnen Sie den kleinsten Wert für s>0, bei dem am Mikrofon ein Interferenzminimum registriert wird!




$r_1 = 9\,m = \overline{AC}$

$r_2 = 10{,}816\,m = \overline{BC}$

$\Delta r = r_2 - r_1 = 1{,}816\,m$

$\Delta r = \frac{c}{2f}(2n+1)$

$r^* \hat{=}$ reale Länge zwischen C und dem Lautsprecher B

$\frac{2f\Delta r}{c} = 2n+1$

$n = \frac{f}{c}\Delta r - \frac{1}{2} = \frac{500\,\frac{1}{s}}{330\,\frac{m}{s}} \cdot 1{,}816\,m - \frac{1}{2} = 2{,}2515$

Da n eine natürliche Zahl ist und $r_2^* < r_2$ sein muss, ist <u>n = 2</u> zu wählen

$r_2^* - r_1 = \frac{c}{2f}(2 \cdot 2 + 1) = \underline{1{,}65\,m}$

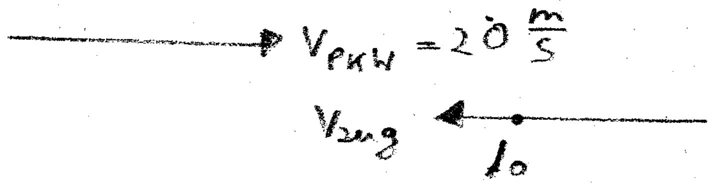
$r_2^* = 1{,}65\,m + r_1 = 1{,}65\,m + 9\,m = 10{,}65\,m$

$s = r_2 - r_2^* = \underline{0{,}1666\,m}$

**Aufgabe 6: (7 Punkte):** Ein PKW fährt auf einer geraden Straße, die parallel zu einem Bahngleis verläuft, mit konstanter Geschwindigkeit v = 72 km/h. Ein Zug, welcher auf dem Bahngleis in entgegengesetzer Richtung fährt, stößt einen Signalton unbekannter Frequenz $f_0$ aus.

(Schallgeschwindigkeit in Luft: 330 m/s)

Bevor sich Auto und Zug begegnen, hört der Autofahrer das Zugsignal mit $f_v$ = 522 Hz, nachher mit $f_n$ =373,7 Hz. – Wie schnell fährt der Zug, wie groß ist $f_0$?




$$f_V = \frac{1 + \frac{V_{PKW}}{c}}{1 - \frac{V_{Zug}}{c}} \cdot f_0 \qquad f_n = \frac{1 - \frac{V_{PKW}}{c}}{1 + \frac{V_{Zug}}{c}} \cdot f_0$$

$$522\,\frac{1}{s} = \frac{1 + \frac{V_{PKW}}{c}}{1 - \frac{V_{Zug}}{c}} \cdot f_0 \qquad 373{,}7\,\frac{1}{s} = f_0\, \frac{1 - \frac{V_{PKW}}{c}}{1 + \frac{V_{Zug}}{c}}$$

$$\hookrightarrow \quad f_0 = 373{,}7\,\frac{1}{s} \cdot \frac{1 + \frac{V_{Zug}}{c}}{1 - \frac{V_{PKW}}{c}}$$

$$522\,\frac{1}{s} = 373{,}7\,\frac{1}{s} \cdot \frac{1 + \frac{V_{Zug}}{c}}{1 - \frac{V_{PKW}}{c}} \cdot \frac{1 + \frac{V_{PKW}}{c}}{1 - \frac{V_{Zug}}{c}}$$

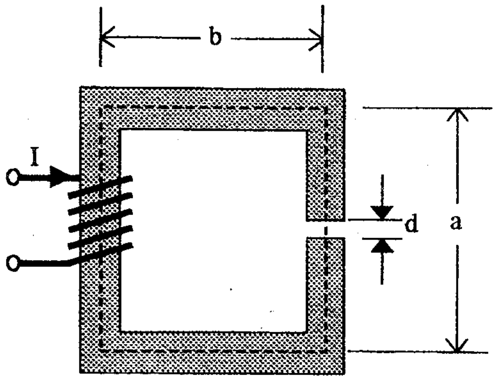
$$\frac{522}{373{,}7} \cdot \frac{1 - \frac{20\,\frac{m}{s}}{330\,\frac{m}{s}}}{1 + \frac{20\,\frac{m}{s}}{330\,\frac{m}{s}}} \cdot \left(1 - \frac{V_{Zug}}{c}\right) = 1 + \frac{V_{Zug}}{c}$$

$$1{,}237\ldots - 1{,}237 \cdot \frac{V_{Zug}}{c} = 1 + \frac{V_{Zug}}{c}$$

$$V_{Zug} = \frac{1{,}237 - 1}{1 + 1{,}237} \cdot c = \underline{\underline{35\,\frac{m}{s}}}$$

$$f_0 = 373{,}7\,\frac{1}{s} \cdot \frac{1 + \frac{V_{Zug}}{c}}{1 - \frac{V_{PKW}}{c}} = 373{,}7\,\frac{1}{s} \cdot \frac{1 + \frac{35}{330}}{1 - \frac{20}{330}} = \underline{440\,\frac{1}{s}}$$

**Aufgabe 7 (5+2 Punkte):** Im Luftspalt eines Elektromagneten mit $N_1 = 500$ Windungen und einem Eisenkern unbekannter Permebilität $\mu$ wird bei einem Spulenstrom von 1,0 A eine magnetische Flussdichte B = 0,1074 T gemessen.




Daten: a = 15 cm; b =15 cm; d = 0,5 cm,
Querschnittsfläche Kern: A= 9,4 cm$^2$
($\mu_0 = 1{,}257 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$)

a) Wie groß ist die relative Permeabilität $\mu$ des Eisenmaterials?

b) Wie groß ist die gespeicherte magnetische Feldenergie?

a) $H = N \cdot I = H_L \cdot d + H_{Fe} \cdot (2a + 2b - d)$

$B = const = B_L = B_{Fe}$

$H_L = \frac{B}{\mu_0} = \underline{85441 \frac{A}{m}}$

$\frac{N \cdot I - H_L \cdot d}{2a + 2b - d} = H_{Fe} = \frac{500 \cdot 1A - 85441 \frac{A}{m} \cdot 0{,}005 m}{2 \cdot 0{,}15 m + 2 \cdot 0{,}15 m - 0{,}005 m}$

$H_{Fe} = \underline{\underline{122{,}34}} \frac{A}{m}$

$B = \mu \mu_0 H_{Fe} \qquad \mu = \frac{B}{H_e \cdot \mu_0} = \underline{\underline{698{,}6}}$

b) $W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{N \cdot \Phi}{I} \right) I^2$

$= \frac{1}{2} N A \cdot B \cdot I$

$= \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 9{,}4 \cdot 10^{-4} m \cdot 0{,}1074 T \cdot 1A = \underline{0{,}025239 J}$

oder $W = \frac{1}{2} BHV = \frac{1}{2} B (H_L \cdot V_L + H_{Fe} \cdot V_{Fe})$

$= \frac{1}{2} B (H_{Fe} \cdot A \cdot (2a + 2b - d) + H_L \cdot A \cdot d) = 0{,}025239 J$