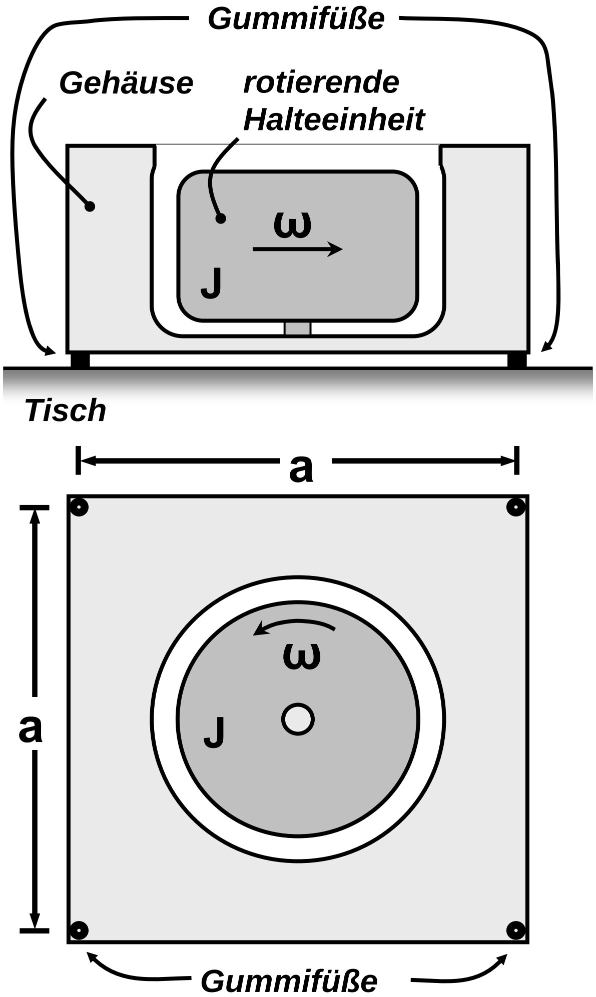
Wintersemester	2007/2008	Blatt 1 (von 6)
Studiengang:	BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2011 *(2040/2044)*
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Gesamtpunktzahl: 120

Aufgabe 1: Zentrifuge **(20 Punkte)**

Eine Tischzentrifuge für biochemische Präparationen besteht aus einem quadratischen Gehäuse, in dessen Mitte eine Halteeinheit für Gefäße um eine vertikale Achse drehbar gelagert ist. Die Halteeinheit besitzt das Massenträgheitsmoment J . Die Zentrifuge steht auf vier Gummifüßen, deren Abstand entlang der Gehäuseseiten a beträgt (siehe Skizze).



Angaben:

$J = 0{,}025\ kgm^2$	*Massenträgheitsmoment*
$a = 60\ cm$	*Abstand Gummifüße*
$m_Z = 35\ kg$	*Gesamtmasse Zentrifuge*
$\mu_H = 0.6$	*Haftreibungszahl zwischen Gummifüßen und Tisch*

a) Die Maximaldrehzahl der Zentrifuge beträgt $n_{max} = 7000\ min^{-1}$. Welche Energie ist dann in ihrer Rotation gespeichert ?

b) Während des Beschleunigens der Halteeinheit aus der Ruhe gibt der Motor die mittlere mechanische Leistung $P_m = 300\ W$ ab. Nach welcher Zeit t_{max} wird die maximale Drehzahl erreicht ?

c) Was geschieht, wenn die rotierende Zentrifuge aufgrund eines Defekts blockiert und die Halteeinheit plötzlich abgebremst wird *(qualitative Erklärung, keine Rechnung !!)* ?

d) Welches Bremsdrehmoment M_{brems} kann das Gehäuse maximal auf die Halteeinheit ausüben, ohne auf dem Tisch zu rutschen ?

Hinweis : *c) und d) können unabhängig von a) und b) beantwortet werden !*

Aufgabe 1 Zentrifuge ***H. Käß***

a) Winkelgeschwindigkeit Zentrifuge $\omega_{max} = 2\,\pi\, n_{max} = 2\,\pi\, 7000 / 60\ \mathrm{s} = 733{,}04\ \mathrm{rad/s}$

Rotationsenergie $E_{rot} = \frac{1}{2}\, J\, \omega_{max}^2 = \frac{1}{2}\, 0{,}025\ \mathrm{kgm^2}\, (733{,}04\ \mathrm{rad/s})^2$

$= 6716{,}8\ \mathrm{Nm} = \mathbf{6{,}717\ kJ}$

b) Die mittlere Leistungsaufnahme P_m während des Vorgangs ist gleich dem Quotienten aus gesamter Energiezufuhr ΔE und der Länge Δt des Zeitintervalls

$P_m = \Delta E / \Delta t$

Energiezufuhr $\Delta E = E_{rot} = 6{,}717\ \mathrm{kJ}$

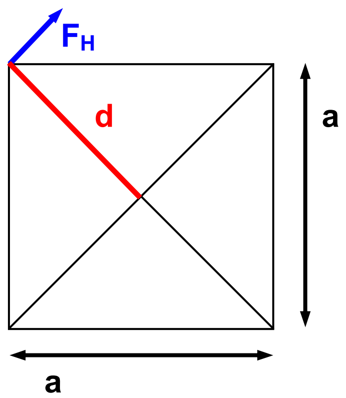
Daraus folgt $\Delta t = \Delta E / P_m = 6717\ \mathrm{Nm} / 300\ \mathrm{W} = \mathbf{22{,}39\ s}$

c) *Bei Blockieren wird die rotierende Halteeinheit wird durch ein vom Gehäuse ausgeübtes Bremsdrehmoment M_H abgebremst. Nach dem 3. Axiom (actio = reactio) resultiert dieser Vorgang in einem vom Betrag her gleich großen, aber entgegengesetzt gerichteten Drehmoment M_G von der Halteeinheit auf das Gehäuse.*

Das Gehäuse bleibt **in Ruhe, wenn die Haftreibung** zwischen Gummifüßen und Tisch dem Drehmoment M_G aufgrund des Abbremsens **das Gleichgewicht hält**.

Sollte die **Haftreibung zu klein** sein, kommt die Zentrifuge ins Gleiten. Sie wird eine **Rotation in Drehrichtung** der Halteeinheit um die vertikale Achse durchführen.

d) Drehmoment ist Kraft mal Hebelarm. Kraft ist die Haftreibung F_H zwischen Gummifüßen und Tisch, Hebelarm der Abstand d des jeweiligen Fußes von der vertikalen Drehachse. Die Anordnung ist symmetrisch, jeder der vier Füße trägt die gleiche Last.



Hebelarm / Fuß $d = \frac{1}{2}\, a\, \sqrt{2}$

Haftreibung / Fuß $F_H = \mu_H\, F_N = \frac{1}{4}\, \mu_H\, m_Z\, g$

Das gesamte maximale Bremsdrehmoment folgt zu :

$M_{brems} = 4\, F_H\, d = 4\, \frac{1}{4}\, \mu_H\, m_Z\, g\, d = \mu_H\, m_Z\, g\, d$

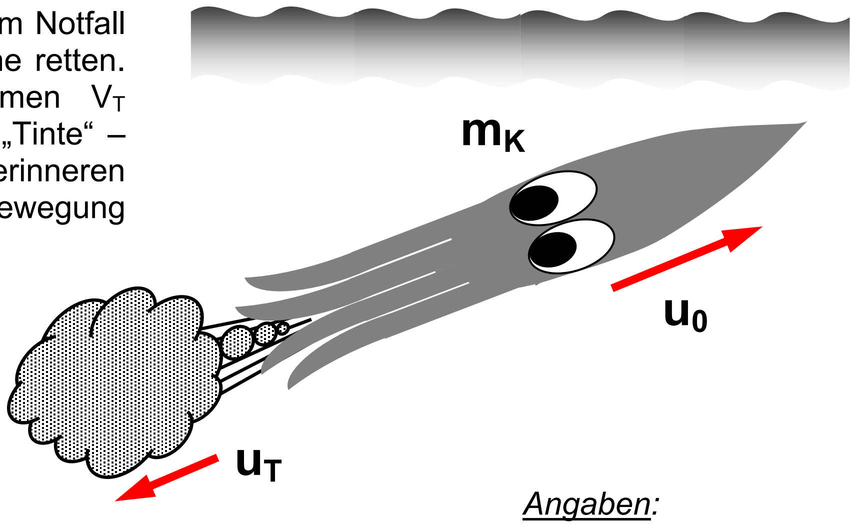
$= \mu_H\, m_Z\, g\, a\, \frac{1}{2}\sqrt{2}$

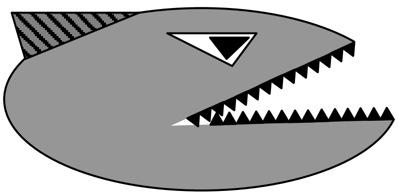
$= 0{,}6 \cdot 35\ \mathrm{kg}\ 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}\ 0{,}6\ \mathrm{m}\ 0{,}7071 = \mathbf{87{,}403\ Nm}$

Wintersemester 2007/2008	Blatt 2 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2011 *(2040/2044)*

<u>Aufgabe 2:</u> Tintenfisch **(18 Punkte)**

Tintenfische (auch bekannt als Kalmare oder „Calamari“) können sich im Notfall schnell aus einer Gefahrenzone retten. Sie stoßen dazu ein Volumen V_T gefärbtes Wasser – eben die „Tinte“ – aus einem Hohlraum im Körperinneren aus. Dies resultiert in einer Bewegung mit der Geschwindigkeit u_0.





Angaben:

ρ_{H2O} = 1 g / cm^3 *Dichte von Wasser und „Tinte“*
m_K = 0,5 kg *Masse Kalmar ohne “Tinte“*
V_T = 200 ml *ausgestoßenes Wasservolumen*

a) Welches physikalische Prinzip nützt der Kalmar dabei aus *(qualitative Erklärung !!)* ?

b) Welche mittlere Ausströmgeschwindigkeit u_T hat das Wasser, wenn sich der Kalmar direkt nach seinem Ausstoß mit einer Geschwindigkeit von u_0 = 2 m/s bewegt ?

c) Das Wasser wird durch eine kleine düsenartige Öffnung des Hohlraums ausgestoßen. Welchen Überdruck muss der Kalmar dazu erzeugen ?

d) Wie lange dauert der Vorgang in c) wenn die Öffnung die Fläche 1,5 cm^2 aufweist ?

Hinweis : Die Strömung während des gesamten Vorgangs sei reibungsfrei !

Aufgabe 2 Tintenfisch ***H. Käß***

a) Ausgenutzt wird das **Rückstoßprinzip** analog zu einer Rakete – im Grunde also der **Impulserhaltungssatz**, der aus dem **3. Axiom** (Wechselwirkungsprinzip) folgt

Vor dem Ausstoß sind Kalmar und Tinte in Ruhe, der Gesamtimpuls ist also Null. Beim Ausstoßen von „Tinte" der Masse m_T mit der Geschwindigkeit u_T wird der „Tinte" der Impuls $p_T = m_T \cdot u_T$ erteilt. Der Kalmar beginnt seine Bewegung mit dem vom Betrag her gleich großen, aber entgegengesetzt gerichteten Impuls $p_K = m_K \cdot u_0$.

b) Impuls Kalmar $p_K = m_K \cdot u_0$

Impuls „Tinte" $p_T = m_T \cdot u_T$ mit $m_T = V_T\,\rho_{H2O}$

Impulserhaltung ergibt: $p_K = -p_T$

Also $u_T = u_0\, m_K / (V_T\, \rho_{H2O})$ = 2 m/s 0,5 kg / 0,2 kg = **5 m/s**

c) Von der Bernoulligleichung bleibt lediglich (vgl. Ausströmgesetz nach Bunsen !)

$\frac{1}{2} \rho\, v_T^2 + p_a = p_i$ mit p_i : Druck im Hohlraum

p_a : Außendruck im Wasser

Also $\Delta p = p_i - p_a = \frac{1}{2} \rho\, v_T^2$ Δp : Überdruck

$= \frac{1}{2}\, 1000\ \text{kg/m}^3\ 25\ \text{m}^2 / \text{s}^2$

$= 12500\ \text{N/m}^2$ = **0,125 bar** = 125 mbar

d) Volumenstrom $\Delta V_T/\Delta t$ der Tinte $\Delta V_T/\Delta t = v_T\, A$

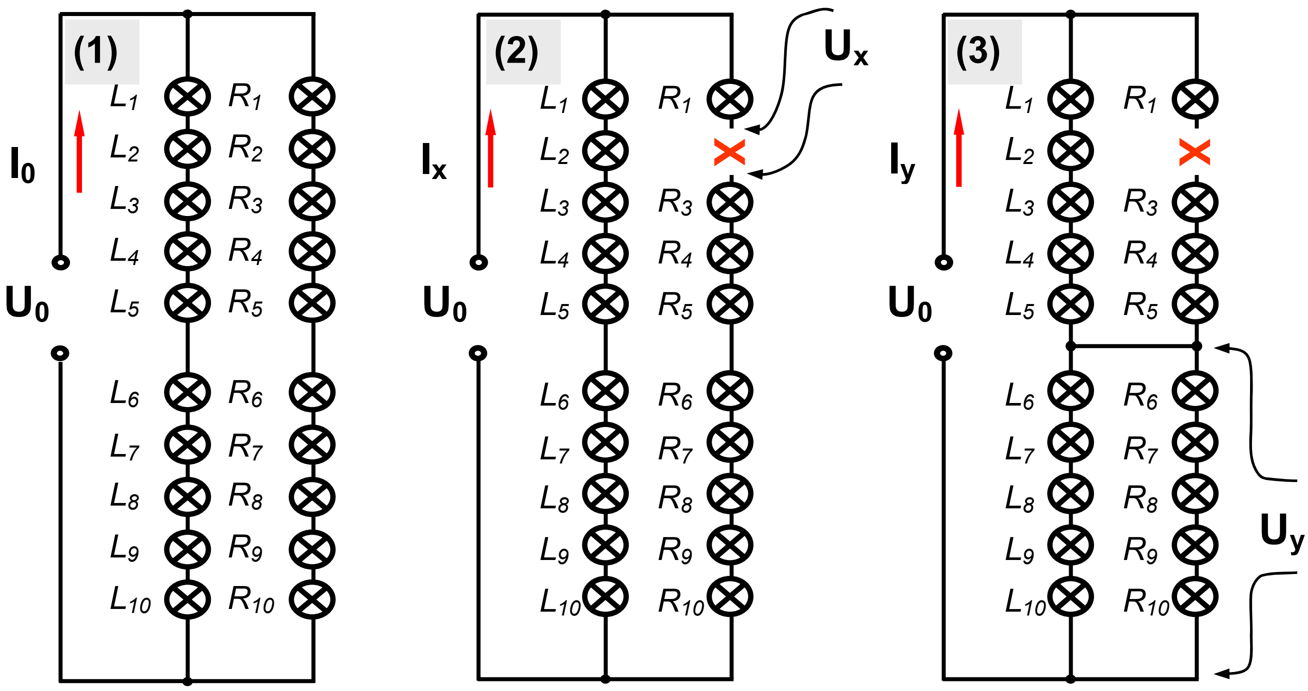
Daraus folgt die Dauer Δt zu $\Delta t = \Delta V_T / (v_T\, A)$

$= 0{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3 / (1{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2\ 5\ \text{m/s})$ = **0,266 s**

Wintersemester 2007/2008	Blatt 3 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2011 *(2040/2044)*

Aufgabe 3: Lichterkette **(20 Punkte)**

Eine Lichterkette zum Betrieb an der Spannung U_0 = 230 V besteht aus zwei parallelen Zweigen mit insgesamt 20 gleichen Lämpchen L_1 bis L_{10} und R_1 bis R_{10}. Jedes Lämpchen nimmt im normalen Betriebszustand die elektrische Leistung P_L = 1,2 W auf.



Zuerst wird der Normalbetriebszustand nach **Skizze (1)** betrachtet :

a) Welcher Strom I_0 fließt und welche Leistung P_0 nimmt die Lichterkette insgesamt auf ?

b) Welche Spannung fällt jeweils an den einzelnen Lämpchen ab ?

c) Welchen Widerstand hat ein Lämpchen ?

Nun brennt das Lämpchen R_2 durch und wird entsprechend **Skizze (2)** entfernt :

d) Welcher Strom I_x fließt und welche Leistung P_x nimmt die Lichterkette jetzt auf ?

e) Welche Spannung U_x misst man zwischen den verbleibenden Zuleitungen ?

Für den weiteren Betrieb wird eine Verbindung nach **Skizze (3)** hergestellt :

f) Welche Spannung U_y fällt nun über den unteren Teil der Kette ab ?

g) Die Helligkeit der Lämpchen sei zu ihrer Leistungsaufnahme proportional. Es brenne auch kein weiteres Lämpchen durch. Sortieren Sie sie nach ihrer Helligkeit !

Aufgabe 3 Lichterkette *H. Käß*

a) 20 Lämpchen zu jeweils P_L = 1,2 W ergeben insgesamt die Leistungsaufnahme

$P_0 = 20 \cdot 1{,}2$ W = **24 W**

Der Strom I_0 folgt aus $P_0 = U_0 \cdot I_0$ also $I_0 = P_0 / U_0 = 0{,}104$ A = **104 mA**

b) Die parallelen Zweige enthalten 10 gleiche Lämpchen $U_L = U_0/10$ = **23 V**

c) Der Strom pro Zweig beträgt ½ I_0 = 54 mA, also $R_L = U_L / (\frac{1}{2} I_0)$ = **440,8 Ω**

d) Nur noch Stromfluss durch den linken Zweig, also halber Strom, halbe Leistung

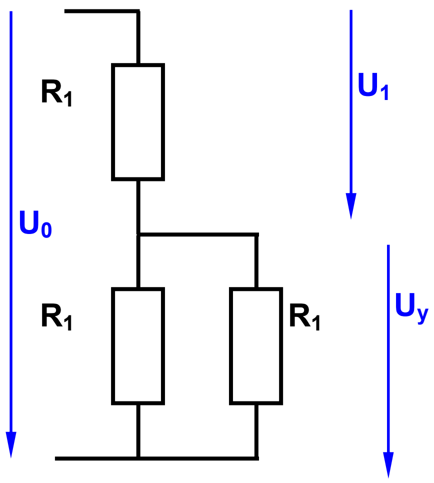
$I_x = \frac{1}{2} I_0$ = **54 mA**

$P_x = U_0 \cdot I_x = \frac{1}{2} P_0$ = **12 W**

e) Zwischen den Zuleitungen des durchgebrannten Lämpchens liegt die **volle Spannung**

U_0 = 230 V

f) *Ersatzschaltbild für Skizze (3)*



Ersatzwiderstand von fünf in Serie geschalteten Lämpchen $R_1 = 5\,R_L = 2204{,}2\ \Omega$

Ersatzwiderstand R_y für die parallelen Kettenteile, die jeweils den Widerstande R_1 haben:

$1/R_y = 1/R_1 + 1/R_1 = 2/R_1$

$R_y = \frac{1}{2}$ R1 = 1102,1 Ω

Die Spannung U_1 fällt über $R_1 = 2204{,}2\ \Omega$ ab

Die Spannung U_y fällt über $R_y = 1102{,}1\ \Omega$ ab

Es ist $U_1/U_y = R_1 / R_y = 2/1 = 2$

und $U_1 + U_y = U_0$

Also $3\,U_y = U_0$

$U_y = U_0 / 3$ = **76,66 V**

g) In summarischer Notation ...

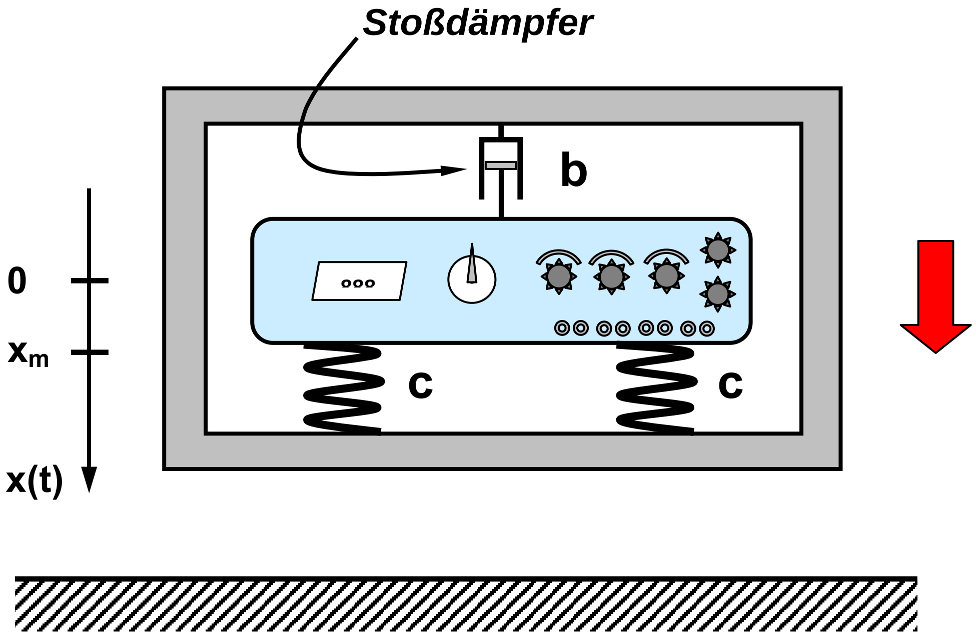
maximale Helligkeit :		**mittlere Helligkeit** :		**dunkel** :
$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5$	**>**	$L_6 = L_7 = L_8 = L_9 = L_{10}$	**>**	$R_1 = R_2 = R_3$
		$= R_6 = R_7 = R_8 = R_9 = R_{10}$		$= R_4 = R_5$

Wintersemester 2007/2008	Blatt 4 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2011 *(2040/2044)*

Aufgabe 4: Geräteschutz **(18 Punkte)**

Ein stoßempfindliches Messgerät der Masse $m_K = 5\ \text{kg}$ wurde in eine Schutzkiste verpackt. Es ist auf zwei Federn mit Federkonstanten von $c = 2500\ \text{N/m}$ gelagert, zudem wurde ein Stoßdämpfer eingebaut, der eine Reibungskraft $F_{reib} = -\,b\ dx(t)/dt$ liefert.

Unglücklicherweise fällt die Kiste aus der Ruhe senkrecht auf den Boden, was zu einer Schwingung des Geräts mit einer Anfangsamplitude $x_m = 5\ \text{cm}$ führt (Skizze).



Zuerst werde die Dämpfung durch den Stoßdämpfer vernachlässigt.

a) Welche Schwingungsdauer T_0 und welche Frequenz f_0 hat die Schwingung ?

b) Welche maximale Beschleunigung a_m wirkt auf das Gerät ein ?

Genauere Betrachtung ergibt, dass die Schwingungsamplitude innerhalb von 15 Perioden exponentiell auf ¼ des Anfangswertes x_m abnimmt.

c) Berechnen Sie die Abklingkonstante δ und den Dämpfungsgrad D der Anordnung.

d) Welcher Wert ist für die Dämpfungskonstante b des Stoßdämpfers zu wählen, damit das Gerät schnellstmöglich wieder zur Ruhe kommt ?

Hinweis: Für die Teilaufgaben c) und d) ist $T_0 = T_d$ anzunehmen !

Aufgabe 4 Geräteschutz ***H. Käß***

a) Die beiden Federn arbeiten parallel, die Ersatzfederkonstante c_{res} ist demnach

$c_{res} = 2\ c = 5000 N/m$

Die Kreisfrequenz ω_0 folgt aus $\omega_0^2 = c_{ers} / m = 5000\ kg / (5\ kg\ s^2) = 1000\ rad^2/s^2$

$\omega_0 = 2\ \pi\ f_0 \quad = 31{,}623\ rad/s$

Die Frequenz f_0 ist also $f_0 = 1/T_0 \quad = \mathbf{5{,}0329\ Hz}$

und die Schwingungsdauer T_0 $T_0 = \mathbf{0{,}1987\ s}$

b) Weg-Zeit-Gesetz harmonische Schwingung $x(t) = x_m\ \cos(\omega t + \varphi_0)$

Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz $v(t) = -\ x_m\ \omega \sin(\omega t + \varphi_0)$

Beschleunigungs-Zeit-Gesetz $a(t) = -\ x_m\ \omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$

Beschleunigungsamplitude $a_m = x_m\ \omega^2 = 5 \cdot 10^{-2}\ m\ 1000\ rad^2/s^2$

$= \mathbf{50\ m/s^2}$

c) Viskos gedämpfte Schwingung: $x(t) = x_0\ e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$

Es gilt offenbar $x(15T_d) = ¼\ x_0 = x_0\ e^{-\delta 15 Td}$

Also $\ln ¼ \quad = -\ln 4 = -\ \delta\ 15\ T_d$

$\delta \quad = \ln 4 / (15\ T_d)$

$\approx \ln 4 / (15\ T_0) = \mathbf{0{,}4651\ 1/s}$

Dämpfungsgrad $D = \delta / \omega_0 = \mathbf{0{,}0147}$

d) Der ***aperiodische Grenzfall*** erfordert $D = 1$

demnach $\delta = -b/(2m) = \omega_0$

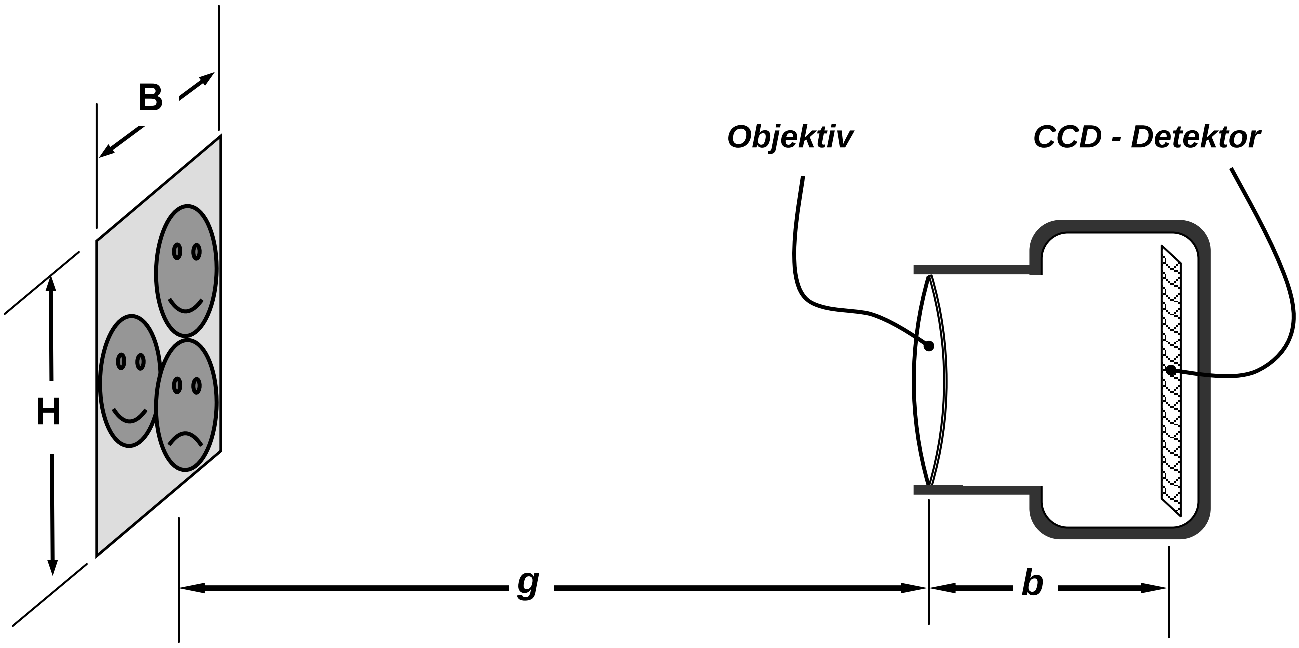
also hier $b = 2\ m\ \omega_0$

$= 10\ kg\ 31{,}623\ rad/s = \mathbf{316{,}2\ kg/s}$

Wintersemester 2007/2008	Blatt 5 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2011 *(2040/2044)*

Aufgabe 5: Digitalkamera **(20 Punkte)**

Eine Digitalkamera besitzt einen CCD-Detektor mit den Abmessungen 2,54 x 4,06 cm (Höhe x Breite). Es handelt sich dabei um einen „9 Megapixel" Detektor mit 2616 x 3488 Detektionspunkten. Die Brennweite des Objektivs der Kamera kann von 14,4 bis 28,8 mm variiert werden. Im folgenden werde es als eine einzige dünne Linse betrachtet.



Zuerst werden mit der Kamera Objekte im Abstand von g = 3 m aufgenommen.

a) Welcher Abbildungsmaßstab und welcher Abstand Objektiv – Detektor b ergeben sich für eine Brennweite des Objektivs von 14,4 mm ?

b) Welche Höhe H und welche Breite B hat der abgebildete Objektbereich, wenn die Brennweite des Objektivs 14,4 mm beträgt und der gesamte Detektor genutzt wird ?

Nun werden Objekte im Abstand g = 1 km im Querformat aufgenommen.

c) Welche Objektivbrennweite ist zu wählen, wenn die Objekte möglichst groß abgebildet werden sollen ? Welche Breite hat dann der abgebildete Objektbereich ?

d) Welchen horizontalen Abstand haben zwei Objektpunkte in dieser Entfernung, wenn sie auf nebeneinander liegenden Pixeln abgebildet werden ?

Aufgabe 5 Digitalkamera ***H. Käß***

a) Abbildungsgleichung $1/f = 1/b + 1/g$

hier also $1/b = 1/f - 1/g = 1/14{,}4 \cdot 10^{-3}\text{m} - 1/3\text{m} = 69{,}77\ 1/\text{m}$

daraus die Bildweite $b = 0{,}01433$ m = **14,33 mm**

Abbildungsmaßstab $|V| = b/g = 0{,}01433/3 =$ **0,00478** $(1/V = 209{,}33)$

(der Abbildungsmaßstab hat ein negatives Vorzeichen, das Bild steht auf dem Kopf)

b) Der Abbildungsmaßstab liefert das Verhältnis von Bild- und Gegenstandgröße, es ist

$V = b/g =$ Bildgröße/Gegenstandsgröße

Die Abmessungen des CCD Detektors (2,54 x 4,06 cm) stehen für die „Bildgröße“

Objektbreite B $B = 4{,}06\text{ cm } 1/V = 849{,}9$ cm = **8,50 m**

Objekthöhe H $H = 2{,}54\text{ cm } 1/V = 531{,}7$ cm = **5,32 m**

c) Ein großes Bild entsteht für **große** Brennweite (vgl. Teleobjektiv),dh **f = 28,8 mm**

Bildweite b in diesem Fall $1/b = 1/f - 1/g \approx 1/f$ $b = f = 28{,}8$ mm

Der Abbildungsmaßstab wird $V = b/g = 28{,}8 \cdot 10^{-3}\text{m} / 10^{3}\text{ m} = 28{,}8 \cdot 10^{-6}$

Die Breite des Objektbereichs ist $B = 4{,}06\text{ cm } 1/V = 4{,}06\text{ cm } 34722{,}22 =$ **1409,7 m**

e) Der Objektbereich von 1409,7 m wird auf 3488 Pixel abgebildet. Die beiden Objektpunkte haben also den Abstand Δx

$\Delta x = 1409{,}7\text{ m} / 3488 =$ **0,404 m**

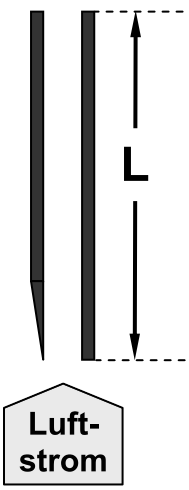
Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

Fakultät Grundlagen

Wintersemester 2007/2008	Blatt 6 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2011 *(2040/2044)*

Aufgabe 6: Warnpfeife **(24 Punkte)**

Die in einer rohrförmigen Signalpfeife der Länge L = 0,3 m auftretenden stehenden Wellen werden in guter Näherung von dem Modell der beidseitig offenen Röhre beschrieben. Die nachstehende Tabelle enthält Messwerte für die Frequenzen der Grundschwingung (f_0) und der ersten beiden Oberschwingungen (f_1, f_2) der mit Luft angeblasenen Pfeife.



f_0 [Hz]	580	584	579	583	590	588	578	585	582
f_1 [Hz]	1160	1171	1165	1167	1169	1175	1159	1161	1173
f_2 [Hz]	1745	1759	1751	1749	1746	1748	1765	1742	1748

a) Skizzieren Sie die Grundschwingung und die ersten beiden Oberschwingungen.

b) Wie hängen die Schwingungsfrequenzen f_n der stehenden Wellen von L ab ?

c) Berechnen Sie aus den drei Messreihen Mittelwert, Standardabweichung und mittleren Fehler des Mittelwerts für die Frequenzen f_0 , f_1 und f_2

d) Berechnen Sie für die drei Fälle jeweils die Schallgeschwindigkeit und daraus <u>ein</u> sinnvoll gerundetes Gesamtergebnis (Fehlerangabe auf <u>eine</u> signifikante Stelle).

Nach der Theorie beträgt die Schallgeschwindigkeit c in Luft : $c = \sqrt{\kappa\, R_i\, T}$

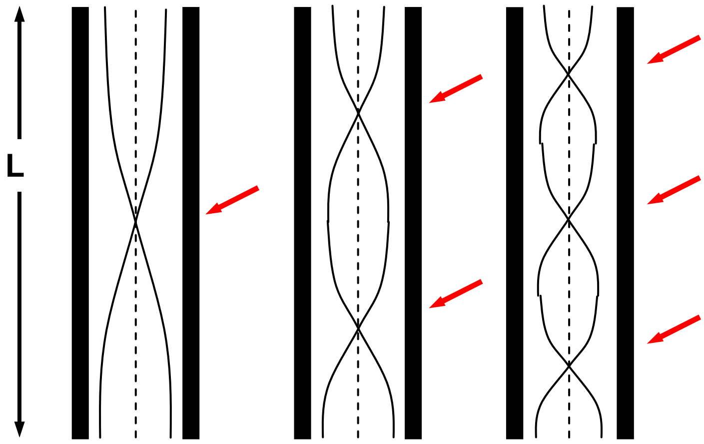
Messparameter	Isentropenexponent	$\kappa = 1{,}4$	
	spezielle Gaskonstante	$R_i = 287$ J / (kg K)	
	absolute Temperatur	$T = t + 273{,}16$ K	(t = Temperatur in °C)

e) Welche absolute Temperatur T in K hat demnach die Luft in der Pfeife ?

f) Welchen Fehler ΔT hat der nach e) berechnete Temperaturwert ?

Aufgabe 6 Warnpfeife ***H. Käß***

a)



die Lage der Knoten ist durch die Pfeile markiert

$L = \lambda/2$	$L = 2\lambda/2 = \lambda$	$L = 3\lambda/2$
f_0	f_1	f_2

b) $\lambda_0 = 2\,L$ $\quad\lambda_1 = L$ $\quad\lambda_2 = 2\,L\,/\,3$

mit $c = \lambda\,f$

folgt $f_0 = c/(2L)$ $\quad f_1 = c/L = 2\,c/(2L)$ $\quad f_2 = 3\,c/(2L)$ $\quad$ also $\mathbf{f_n = (n+1)\,c/(2L)}$

c)

Reihe f_0	$\langle f_0\rangle =$ 583,2 Hz	$s_0 = 4{,}024$ Hz	$\Delta f_0 = s_0\,/\,\sqrt{n} = 1{,}341$ Hz
Reihe f_1	$\langle f_1\rangle =$ 1166,7 Hz	$s_1 = 5{,}831$ Hz	$\Delta f_1 = s_1\,/\,\sqrt{3} = 1{,}944$ Hz
Reihe f_2	$\langle f_2\rangle =$ 1750,3 Hz	$s_2 = 7{,}246$ Hz	$\Delta f_2 = s_2\,/\,\sqrt{3} = 2{,}415$ Hz

d) Mit den relativen Fehlern $\quad\Delta f_0/f_0 = 0{,}23\ \%$ $\quad\Delta f_1/f_1 = 0{,}17\ \%$ $\quad\Delta f_0/f_0 = 0{,}14\ \%$

$c_0 = \lambda_0{\cdot}f_0 = 0{,}6\text{ m}\cdot 583{,}2\text{ 1/s} = 349{,}92\text{ m/s}$ mit $\Delta c_0 = 0{,}80$ m/s

$c_1 = \lambda_1{\cdot}f_1 = 0{,}3\text{ m}{\cdot}1166{,}7\text{ 1/s} = 350{,}01\text{ m/s}$ mit $\Delta c_1 = 0{,}58$ m/s

$c_2 = \lambda_2{\cdot}f_2 = 0{,}2\text{ m}{\cdot}1750{,}3\text{ 1/s} = 350{,}06\text{ m/s}$ mit $\Delta c_2 = 0{,}49$ m/s

Mittelwert $\langle c\rangle = 350{,}0$ m/s

Gesamtergebnis **c = (350,00 ± 0,8) m/s**

e) Es folgt $T = c^2\,/\,(\kappa\,R_i) = (350^2\text{ m}^2\,/\,\text{s}^2\,)\,/\,(1{,}4{\cdot}287\text{ J/(kg K)}) =$ **304,87 K** *(= 31,7 °C)*

f) Reines Potenzgesetz → einfache Berechnung des relativen Fehlers !

$\Delta T\,/\,T = 2\,\Delta c\,/\,c = 2\cdot 0{,}8\,/\,350 =$ **0,5 %** = 0,005

Daraus berechnet sich schließlich

$\Delta T = 0{,}005\,T \approx$ **1,5 K**

T = (305 ± 2) K