

Physik I und II, 1. Vordiplom Herbst 2001

Prüfung von R. Eichler

ge- $\text{\LaTeX}$ am 24. August 2002

1 Autofahren

Gegeben: Rollreibung: $\mu = 0.025$
Auto: $M = 700kg$
Erdbeschleunigung: $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

1.1 Wirkungsgrad

Gegeben: Geschwindigkeit: $50 \frac{km}{h} = 13.89 \frac{m}{s}$
Verbrauch: $\frac{5l}{100km} = \frac{0.005m^3}{100000m}$
Dichte: $\varrho_{Diesel} = 0.85 * 10^3 \frac{kg}{m^3}$
Heizwert: $Q_{Diesel} = 41 * 10^6 \frac{J}{kg}$

Hilfsrechnung (Ölverbrauch pro Meter):

$$\frac{0.005m^3}{100000m} \Rightarrow M_{\ddot{O}l} = \frac{5 * 10^{-8}m^3 * 0.85 * 10^3kg}{m * m^3} = 4.25 * 10^{-5} \frac{kg}{m}$$

Leistungen:

$$P_{in} = Q_{Diesel} M_{\ddot{O}l} v \quad (1)$$

$$P_{out} = M g \mu v \quad (2)$$

(1) und (2) mit η verknüpfen $\Rightarrow (1) * \eta = (2)$

$$\eta = \frac{(2)}{(1)} = \frac{700kg * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.025 * 13.89 \frac{m}{s}}{41 * 10^6 \frac{J}{kg} * 4.25 * 10^{-5} \frac{kg}{m} * 13.89 \frac{m}{s}} = 9.85\%$$

Oder die Arbeit vergleichen:

$$A_{in} = V * \varrho_{Diesel} * Q_{Diesel} \quad (3)$$

$$A_{out} = Weg * M g \mu \quad (4)$$

(3) und (4) mit η verknüpfen $\Rightarrow (3) * \eta = (4)$

$$\eta = \frac{(4)}{(3)}$$

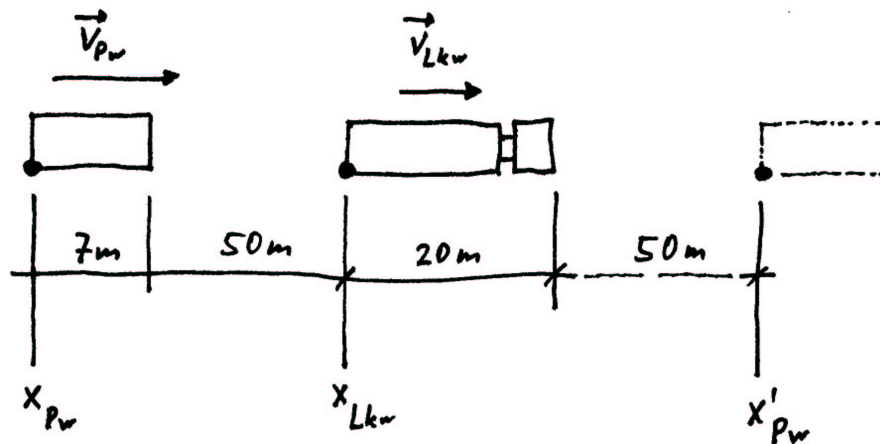


Abbildung 1: Skizze

1.2 Beschleunigung

Energie um einmal auf v zu beschleunigen: $E_1 = \frac{mv^2}{2}$. Pro Kilometer wird zwei mal auf v beschleunigt und dies über $100\text{km} \Rightarrow E_B = 200 * \frac{mv^2}{2}$

$$\begin{aligned} 100mv^2 &= \eta * V * \varrho_{\text{Diesel}} * Q_{\text{Diesel}} \\ \frac{100mv^2}{\eta * \varrho_{\text{Diesel}} * Q_{\text{Diesel}}} &= V_B \end{aligned}$$

$$\Rightarrow V_B + 5l = 3.93l + 5l = 8.93l$$

1.3 Überholweg

Skizze (Abbildung 1)

$$\begin{aligned} v_{Pw} &= 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ v_{Lkw} &= 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ t_0 &= 0 \\ x_{Pw} &= 0 \\ x_{Lkw} &= 57\text{m} \\ t'_0 &= t \\ x'_{Pw} &= s \\ x'_{Lkw} &= s - 70\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{Pw} + t * v_{Auto} &= s \\x_{Lkw} + t * v_{Lkw} &= s - 70m\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0 + t * v_{Pw} &= s \\57m + t * v_{Lkw} &= s - 70m\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= \frac{s}{v_{Pw}} \\t &= \frac{s - 127m}{v_{Lkw}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \frac{s}{v_{Pw}} &= \frac{s - 127m}{v_{Lkw}} \Rightarrow s = \frac{-127m * v_{Pw}}{v_{Lkw} - v_{Pw}} = 285.75m \\ \Rightarrow t &= \frac{s}{v_{Pw}} = \frac{285.75m}{25 \frac{m}{s}} = 11.43s\end{aligned}$$

2 Rotation starrer Körper

Gegeben:	Körper	Zylinder	Quader
	Masse	$m = 1200kg$	$m = 1200kg$
	Höhe	$h = 0.5m$	$h = 0.5$
	Dichte	wie Quader	wie Zylinder
	Breite		$b = 0.5m$
	Dicke		$d = 0.2m$
	Winkelgeschwindigkeit	$\omega = 50 \frac{1}{s}$	$\omega = 50 \frac{1}{s}$

2.1 Rotationsenergie

$$r^2 * \pi * h = V \Rightarrow r^2 = \frac{V}{\pi * h} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{V}{\pi * h}} = \sqrt{\frac{0.05m^3}{\pi * 0.5m}} = 0.178m$$

Herleitung von $\theta_{Zylinder}$ und θ_{Quader} :
Demtröder: Seite 141 (Zylinder)

$$E_{Rotation} = \frac{1}{2} * \theta * \omega^2$$

$$E_{Zylinder} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} r^2 m \right) \omega^2 = 23873J$$

$$E_{Quader} = \frac{1}{2} \left(\frac{m}{12} (b^2 + d^2) \right) \omega^2 = 36250J$$

2.2 Drehmoment

$$D = \theta_{Zylinder} \alpha = \left(\frac{1}{2} m r^2 \right) \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \left(\frac{1}{2} * 1200 kg * 0.178 m^2 \right) * \frac{50 \frac{1}{s}}{300 s} = 3.81 Nm$$

2.3 Schwingender Zylinder (Pendler Zylinder?)

Weder Assis noch arme Vordip büffelnde Studenten sind sich hier einig wie die Aufgabe zu interpretieren ist. Vorschläge wären nicht ganz perfekte Zylinder die anfangen zu präzessionieren oder ein drehender Zylinder der pendelt (parallel zur Drehachse bzw. senkrecht zur Drehachse).

Nehme nun einmal an der Zylinder pendle:

Falls die Drehachse senkrecht zur Pendelbewegung steht, bleibt dies auch beim pendeln so ($L_{Rad} \parallel D$).

Falls die Drehachse parallel zur Pendelbewegung steht dreht sich das Rad beim Pendeln (Abbildung 2). Bilderserie (Abbildung 3) das Rad wurde mit Druckluft beschleunigt und dreht sich (von unten links gesehen, wie im Bild) im Uhrzeigersinn. Beim loslassen dreht sich das Rad dann vom Aufhängepunkt her gesehen ebenfalls im Uhrzeigersinn bis es am tiefsten Punkt ist.

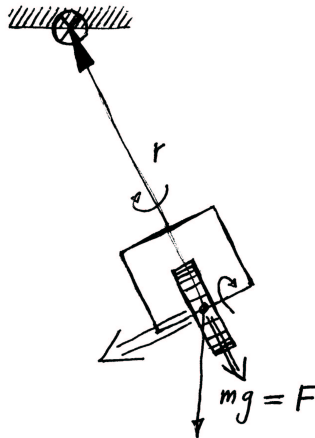


Abbildung 2: Pendender Zylinder

$$\begin{aligned} D &= r \times mg (\text{Drehmoment Aufhängepunkt}) \\ L_{Präzession} &= L_{Rad} \times D \end{aligned}$$

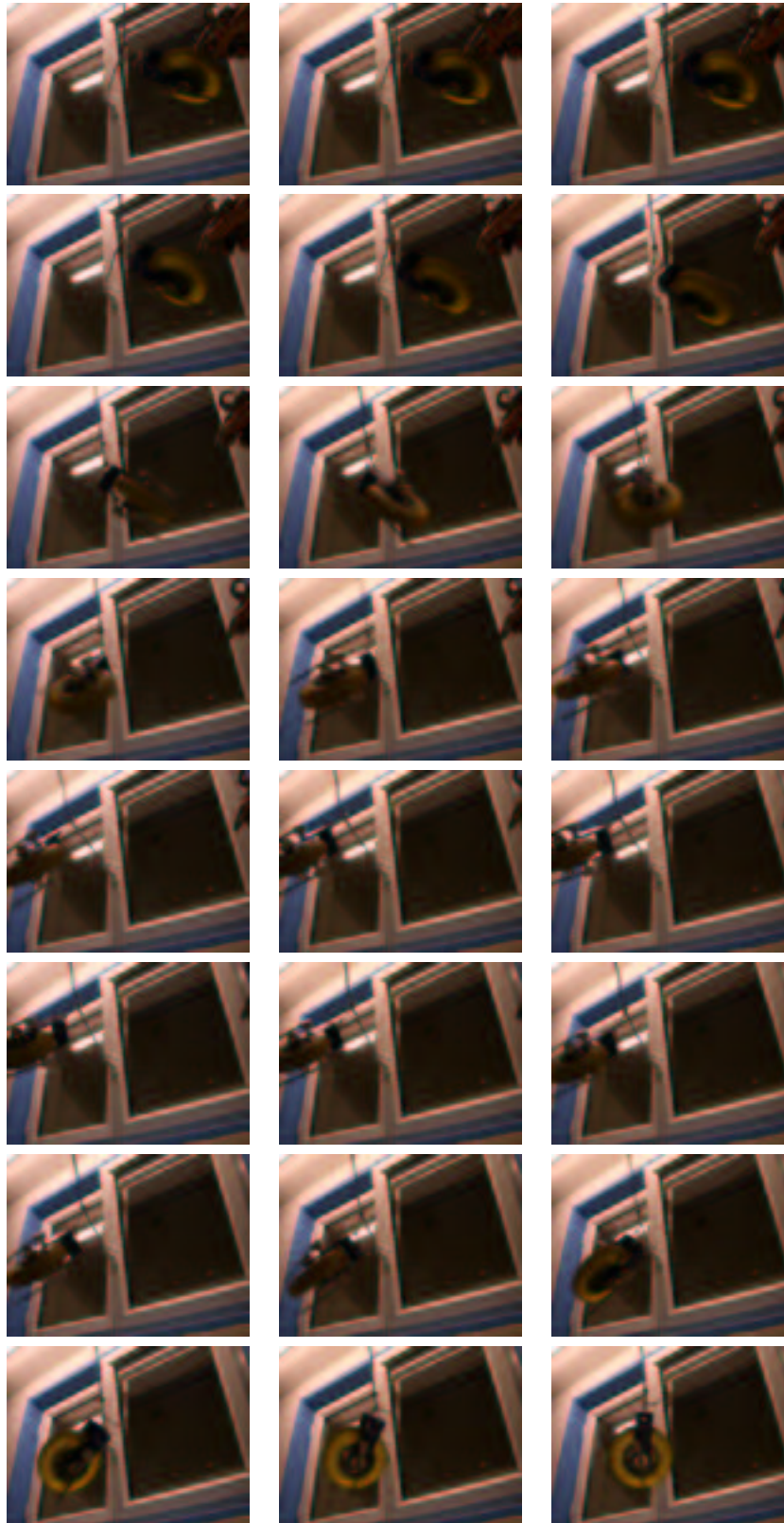


Abbildung 3: Pendelbewegung eines Rades

3 Molekülschwingungen

Ammoniakmolekül NH_3 , Bindungskräfte zwischen den H-Atome mit Federn der Konstante f_H und zwischen den N-Atome und H-Atome mit den Konstanten f_N

3.1 Normalschwingungen

$$3 * N - 6 = 6$$

3.2 Normalschwingungen II

Unklar

3.3 Wärmekapazität

$$c_v(NH_3) = \frac{1}{2}(f_{Translation} + f_{Rotation} + 2*f_{Oszillation})kT = \frac{1}{2}*(3+3+2*6)*kT$$

$$c_v(O_2) = \frac{1}{2}(f_{Translation} + f_{Rotation} + 2*f_{Oszillation})kT = \frac{1}{2}*(3+2+2*1)*kT$$

$$\frac{c_v(NH_3)}{c_v(O_2)} = \frac{3 + 3 + 2 * 6}{3 + 2 + 2 * 1} = \frac{18}{7}$$

4 Schwingungen in einem Potential

$$\begin{array}{lll} \text{Gegeben: } K_1 & = & -\frac{\alpha}{x^2} & \alpha & = & 2.3 * 10^{-28} Nm^2 \\ K_2 & = & \frac{\beta}{x^{10}} & \beta & = & 5 * 10^{-100} Nm^{10} \\ m & = & 10^{-26} kg & \text{Annahme} & & \end{array}$$

4.1 Gleichgewichtslage

$$K_1 + K_2 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha}{x^2} = \frac{\beta}{x^{10}} \Rightarrow \alpha x^{10} = \beta x^2 \Rightarrow \frac{\beta}{\alpha} = \frac{x^{10}}{x^2}$$

$$\Rightarrow x = \sqrt[8]{\frac{5 * 10^{-100} Nm^{10}}{2.3 * 10^{-28} Nm^2}} = 1.102 * 10^{-9} m$$

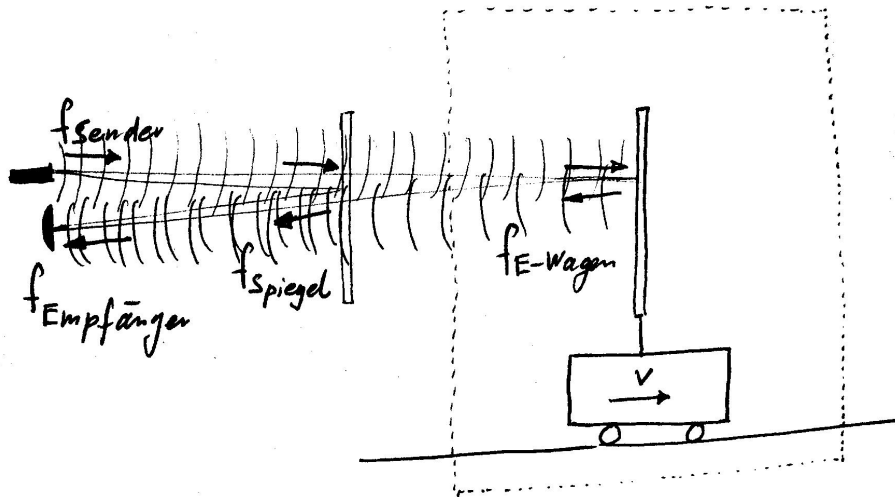


Abbildung 4: Skizze

4.2 Schwingungen

Angreifende Kräfte bei einer Auslenkung von ξ aus der Ruhelage x_0

$$K(\xi) = \frac{\beta}{(x_0 + \xi)^{10}} - \frac{\alpha}{(x_0 + \xi)^2} \Rightarrow \frac{\partial K}{\partial \xi} = -\frac{10 * \beta}{(x_0 + \xi)^{11}} + \frac{2 * \alpha}{(x_0 + \xi)^3}$$

$$K(\xi) \approx \underbrace{\frac{\beta}{(x_0)^{10}} - \frac{\alpha}{(x_0)^2}}_{=0} + \underbrace{\left(-\frac{10 * \beta}{(x_0)^{11}} + \frac{2 * \alpha}{(x_0)^3}\right)}_{=f} * \xi \quad \text{für kleine } \xi$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{f}{m}} = 3.708 * 10^{12} \text{ Hz}$$

5 Dopplereffekt

Gegeben: $\lambda = 0.4 \mu\text{m}$
 $v = \text{konstant}$

Der Linke Teil in der Abbildung 4 ist in Ruhe der gepunktete Teil in der Abbildung 4 bewegt sich mit v .

5.1 Frequenz

$$f_{\text{Sender}} = f_{\text{Spiegel}}$$

$$f_E = \frac{c}{\lambda} \quad c = \text{Lichtgeschwindigkeit (oder } c = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit}}{n} \text{)} \quad (5)$$

$$\text{Schwebefrequenz: } f_S = \frac{1}{2}(f_1 - f_2) \quad (6)$$

$$f_{E-Wagen} = f_{Sender} \frac{c-v}{c+v} \quad (7)$$

$$f_{Empfänger} = f_{E-Wagen} \frac{c-0}{c+v} \quad (8)$$

$$(7) \text{ und } (8) \Rightarrow f_{Empfänger} = \left(f_{Sender} \frac{c-v}{c} \right) \frac{c}{c+v} = f_{Sender} \frac{c-v}{c+v}$$

$$(6) \Rightarrow f_S = \frac{1}{2} \left(f_{Spiegel} - f_{Sender} \frac{c-v}{c+v} \right) \Rightarrow f_S = \frac{f_{Sender}}{2} \left(1 - \frac{c-v}{c+v} \right)$$

$$(5) \Rightarrow f_S = \frac{c}{\lambda} \left(1 - \frac{c-v}{c+v} \right)$$

5.2 Frequenz II

Fragestellung nicht klar.

5.3 Druckänderung

Fragestellung nicht klar.

6 Wärmeleitung im Rohr

Gegeben:	Rohr	ϕ_{Rohr}	=	0.1m
	Isolation	d	=	1cm
		λ	=	0.05 $\frac{W}{mK}$
	Temperatur	T_{Innen}	=	100°C
		T_{Aussen}	=	20°C

6.1 Stationärer Zustand

Zylinderkoordinaten: $T(r, \varphi, z) \Rightarrow$ aus Symmetriegründen $T(r)$

$$\underbrace{\frac{\partial T}{\partial t}}_{=0 \text{ (Stationär)}} = \frac{\lambda}{c\rho} \nabla^2 T = \left(\frac{\partial^2}{r^2} + \frac{1}{r^2} \underbrace{\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}}_{=0} + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial r} + \underbrace{\frac{\partial^2}{\partial z^2}}_{=0} \right)$$

$$\Rightarrow 0 = \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \Leftrightarrow \frac{\partial T'}{\partial r} + \frac{1}{r} T' = 0 \Rightarrow T'(r) = a \frac{1}{r} \Rightarrow T(r) = a \ln r + b$$

Randbedingungen einsetzen

$$\begin{aligned} T(\phi_{Rohr}) &= T_{Innen} \\ T(\phi_{Rohr} + d) &= T_{Aussen} \end{aligned}$$

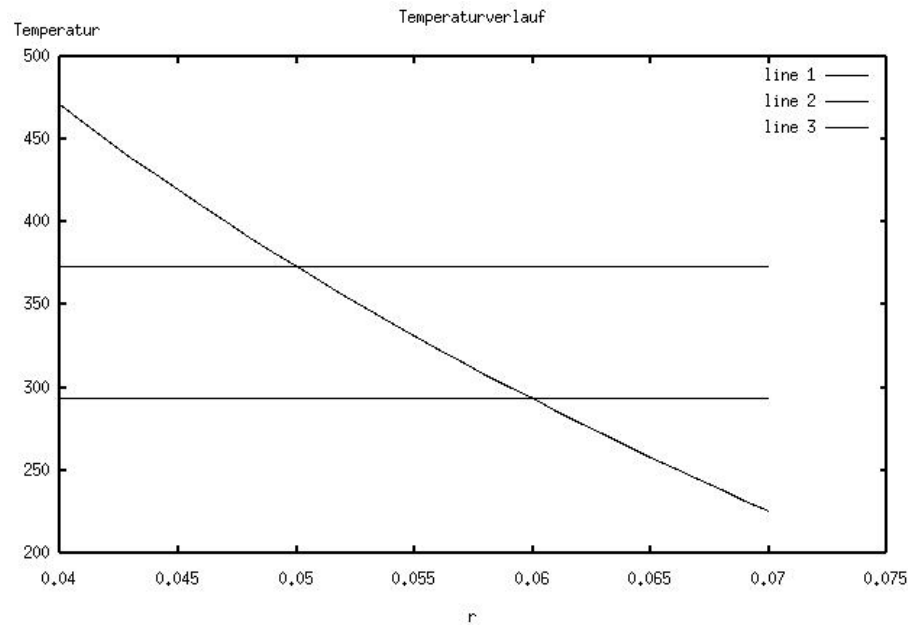


Abbildung 5: Graph

$$\Rightarrow a = \frac{80}{\ln 0.05 - \ln 0.06} = -438.79 \text{ und } b = -438.79 \ln(0.05) - 373 = 941.48$$

$$\Rightarrow T(r) = -438.79 * \ln(r) - 941.48$$

Grafik (Abbildung 5)

6.2 Wärmefluss

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{dt} &= -\lambda q \frac{\partial T}{\partial x} \\ \Rightarrow \frac{dQ}{dt} \frac{1}{l} &= -\lambda q \frac{\partial T}{\partial r} \frac{1}{l} \\ \Rightarrow \frac{dQ}{dt} \frac{1}{l} &= -\lambda 2r\pi \underbrace{\frac{\partial T}{\partial r}}_{T'(r)=a\frac{1}{r}} \frac{1}{l} \\ \Rightarrow \frac{dQ}{dt} \frac{1}{l} &= -\lambda 2r\pi \frac{a}{r} \\ \Rightarrow \frac{dQ}{dt} \frac{1}{l} &= 137.84 \frac{J}{ms} \end{aligned}$$

Fehler in dieser Musterlösung bitte per e-mail an vordiplome@vmp.ethz.ch melden.

Danke an alle die mit mir versucht haben dieses Vordip zu lösen.

Da es mein erstes $\text{\LaTeX}$ -Dokument ist, wird gebeten über komische Darstellungen hinweg zu sehen bzw. diese selber zu beheben.

Thomas Kuster
thomas@fam-kuster.ch