

Sommersemester 2012	Blatt 1 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Insgesamt sind 120 Punkte erreichbar.

Bitte beginnen Sie jede neue Aufgabe mit einem neuen Blatt!

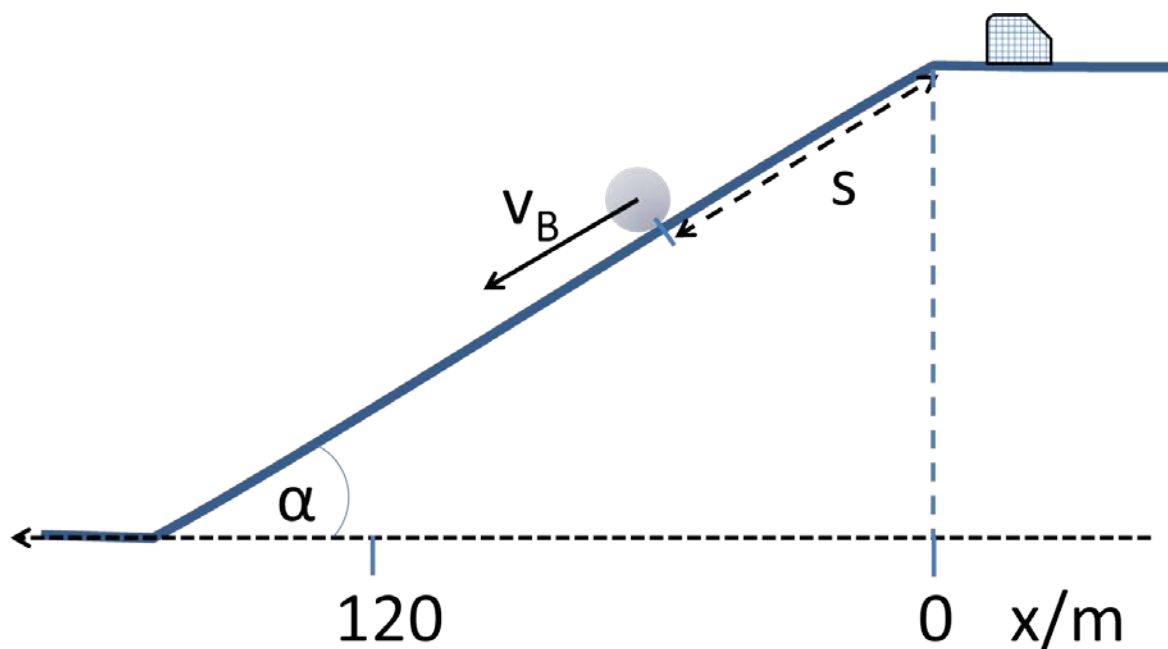
Aufgabe 1: Kinematik (16 Punkte)

Ein Fußballfeld befindet sich nahe an einem Abhang mit dem Neigungswinkel $\alpha=15^\circ$. Der Ball rollt mit einer Geschwindigkeit von $v_0=1$ m/s auf den Hang zu und hinunter.

- a) Benutzen sie den Energieerhaltungssatz, um eine Formel für die Geschwindigkeit des Balles in Abhängigkeit von der zurückgelegten Strecke s auf dem Hang anzugeben.

Der Ball kann als Punktmasse betrachtet werden, keine Reibung.

- b) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Balles nach $s=10$ m?
c) Bei welcher x -Koordinate befindet sich der Ball nach $s = 10$ m?

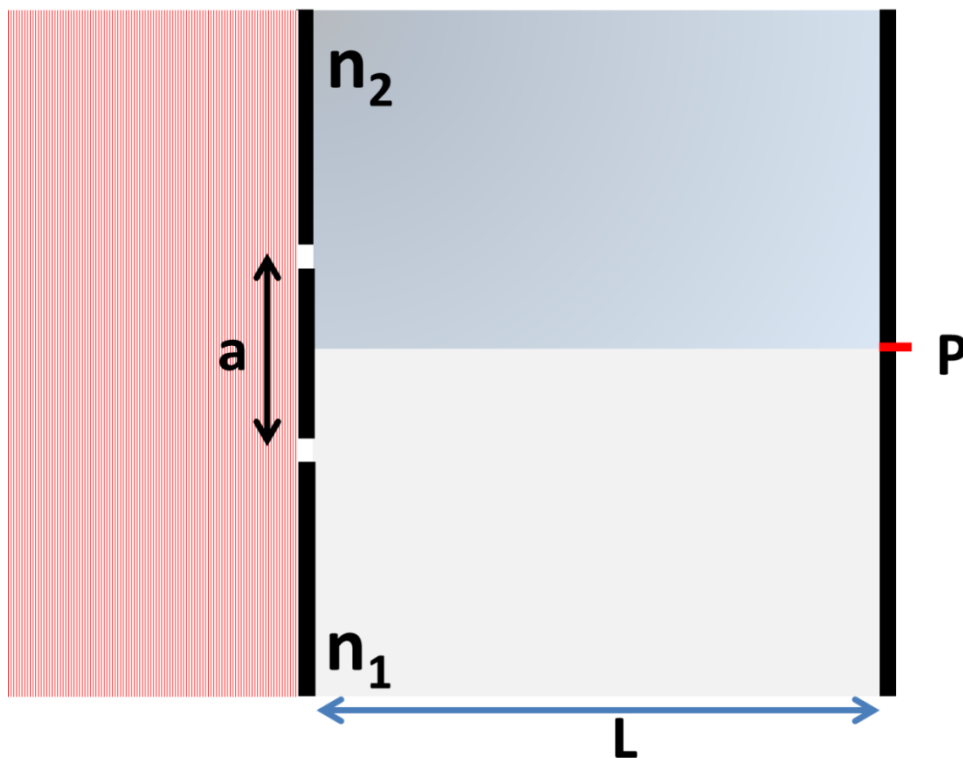


Sommersemester 2012	Blatt 2 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 2: Interferenz (16 Punkte)

Rotes kohärentes Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 632 \text{ nm}$ fällt unter dem Winkel $\alpha = 0^\circ$ auf den unten skizzierten Doppelspalt mit einem Spaltabstand von $a=0,2 \text{ mm}$. Hinter dem oberen Spalt befindet sich Titandioxid (Rutil) mit der Brechzahl $n_2=3,10$, hinter dem unteren Spalt Luft mit $n_1=1,00$. Im Abstand von $L=1 \text{ cm}$ ist hinter dem Doppelspalt ein Schirm aufgestellt.

- a) Wie groß ist die Wellenlänge im Medium 2?
- b) Wie groß ist der Gangunterschied und der Phasenunterschied der beiden Teilwellen am Punkt P?



Sommersemester 2012	Blatt 3 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

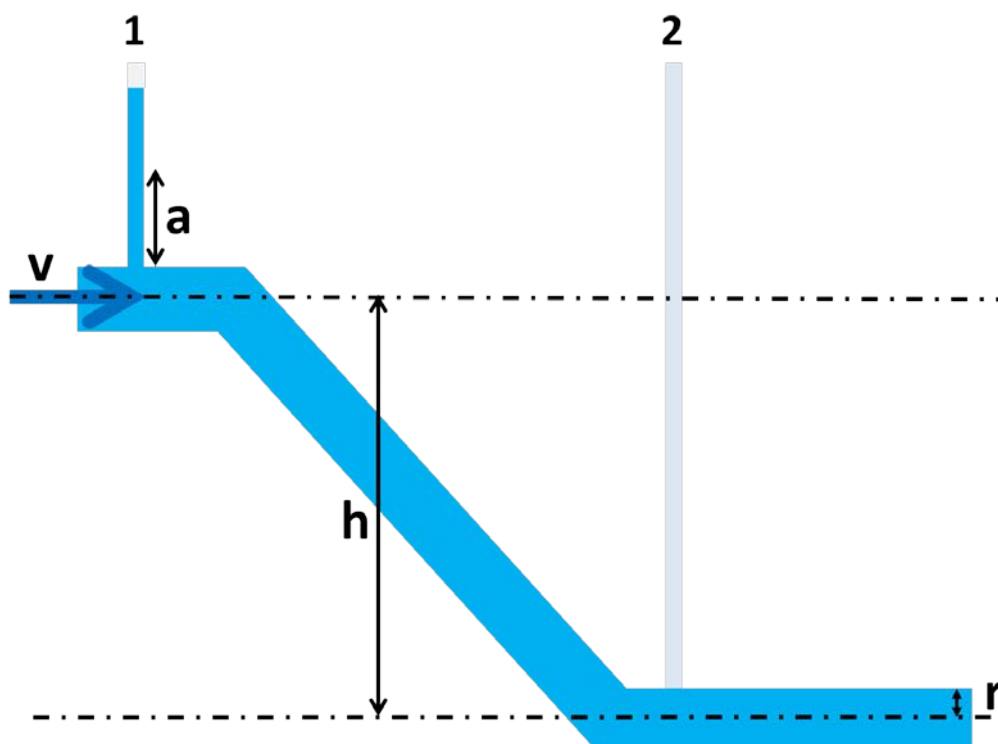
Aufgabe 3: Rohrströmung (15 Punkte)

In ein abgelenktes Rohr mit konstantem Radius fließt Wasser laminar mit einer Strömungsgeschwindigkeit $v=0,3 \text{ m/s}$ waagrecht hinein (drucklos). Das Steigrohr an Position 1 zeigt eine Steighöhe von $a=15 \text{ cm}$ an. Das Rohr ist um eine Höhe von $h=0,3 \text{ m}$ versetzt, danach fließt das Wasser waagrecht weiter. Vernachlässigen Sie die Reibung.

- Wie groß ist der statische Druck am Steigrohr 1?
- Wie groß ist der dynamische Druck an Position 1?
- Wie groß ist der Gesamtdruck p ?
- Wie groß ist die Steighöhe an Position 2?
- Wie groß darf der Rohrradius höchstens sein, damit die Strömung laminar ist?

$Re_{\text{krit,Rohr}} = 2000$

$\eta_{\text{Wasser}} = 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

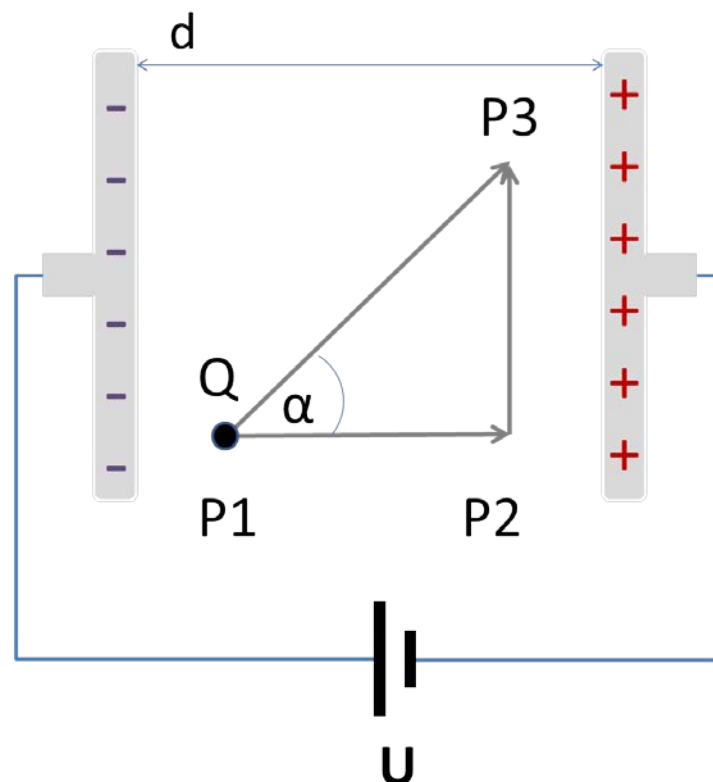


Sommersemester 2012	Blatt 4 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 4: Kondensator (17 Punkte)

An einem Plattenkondensator liegt zwischen den Platten eine Spannung von $U=2,5\text{ kV}$ an.

- Zeichnen sie die Feldlinien in die Skizze ein.
- Wie groß ist die Feldstärke im homogenen Feld bei einem Plattenabstand von $d=2\text{ cm}$?
- Welcher Betrag an Arbeit wird verrichtet, wenn die Ladung $Q = 3,0 \cdot 10^{-9}\text{ C}$ von der Position P1 zur Position P2 (senkrecht zu den Platten) um die Strecke $\Delta s = 10\text{ mm}$ verschoben wird?
- Wie groß ist der Betrag der Arbeit, wenn die Ladung Q von der Position P1 zur Position P3 unter einem Winkel von $\alpha=45^\circ$ verschoben wird?
- Wie groß ist der Betrag der Arbeit W_3 , wenn die Ladung Q jetzt von P2 nach P3 verschoben wird?



Sommersemester 2012	Blatt 5 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 5: Pendel (21 Punkte)

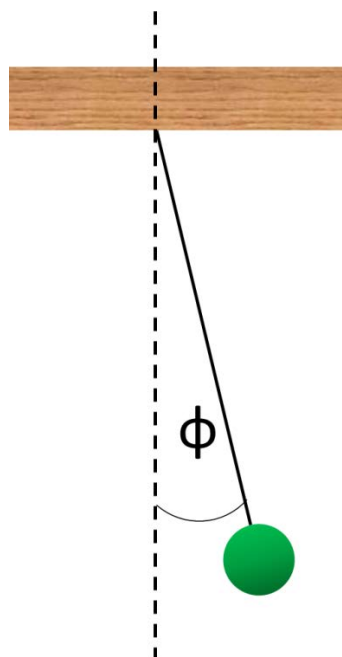
Im Physikunterricht ist eine massive Kugel an einem dünnen Faden aufgehängt. Die Kugel wird um einen kleinen Winkel $\varphi = 13,8^\circ$ ausgelenkt, mit einer Geschwindigkeit von $\dot{\varphi} = -6,67 \frac{\circ}{s}$ angestoßen und fängt an zu schwingen. Nach $t=2$ s ist der maximale Winkel auf $\varphi = 9,25^\circ$ abgesunken, nach $t=4$ s auf $\varphi = 6,20^\circ$. Die Periodendauer wird als $T=2$ s gemessen.

Die Kugel kann als Punktmasse betrachtet werden.

Das allgemeine Weg-Zeit-Gesetz einer gedämpften Schwingung lautet:

$$\varphi(t) = \phi_m \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos(\omega_D t + \phi_0)$$

- Berechnen sie die Schwingungsfrequenz ω_D .
- Berechnen sie den Dämpfungsgrad D .
- Wie groß ist der Nullphasenwinkel Φ_0 ?
- Berechnen sie die Maximalauslenkung ϕ_m .
- Wie lautet das **komplette** Winkel-Zeit-Gesetz der Schwingung?
- Berechnen sie die Geschwindigkeit $\dot{\varphi}(t)$ der Kugel zum Zeitpunkt $t=4$ s.



Sommersemester 2012	Blatt 6 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 6: Gummiband (35 Punkte)

Ein langes Gummiband wurde in einer Zugmaschine charakterisiert. Für jede Dehnung Δx wurde die Zugkraft F jeweils 5-mal gemessen.

- Berechnen sie die Mittelwerte der Kraft sowie den mittleren Fehler des Mittelwertes.
- Zeichnen sie die Kraft mit Fehlerbalken gegen die Ausdehnung als Diagramm.
Benutzen Sie zunächst nur die ersten 5 Wertepaare (von $x=0$ m bis $x=0,4$ m).
- Ermitteln sie unter Annahme eines linearen Kraftgesetzes die Steigung mit Fehler.
- Geben sie das daraus abgeleitete lineare Kraftgesetz explizit an.
- Wie groß ist die Arbeit W nach einer Ausdehnung von $x=0$ m auf $0,4$ m?
- Geben sie den absoluten und den prozentualen Fehler der Arbeit an.

Die bereits experimentell ermittelte Ausdehnung des Gummibandes für $x=0,6$ m soll nun zur Kontrolle mit berücksichtigt werden.

- Zeichnen sie das Datenpaar für $x=0,6$ m mit ins Diagramm ein.
- Schätzen sie die Arbeit für die Ausdehnung von $x=0$ m auf $x=0,6$ m aus dem Diagramm ab (in die Skizze einzeichnen)
- Berechnen sie die Arbeit für eine Ausdehnung von $x=0$ m auf $x=0,6$ m aus dem linearen Kraftgesetz (mit Fehlerangabe).
- Vergleichen Sie beide Werte.

x/m	F ₁ /N	F ₂ /N	F ₃ /N	F ₄ /N	F ₅ /N
0	0	0	0	0	0
0,1	92,0	90,0	89,0	94,0	93,0
0,2	168	167	171	168	167
0,3	228	229	219	230	231
0,4	272	269	271	280	271
0,6	312	303	304	319	318

Lösungsvorschlag Aufgabe 1:

Energieerhaltungssatz

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot \Delta h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2$$

$$\Delta h = s \cdot \sin \alpha$$

m

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h + v_0^2} = \sqrt{2 \cdot g \cdot s \cdot \sin \alpha + v_0^2}$$

Formel:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot s \cdot \sin 15^\circ + 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

Für $s=10$ m ist

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10\text{m} \cdot \sin 15^\circ + 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 51,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Diese Strecke wird auf dem Hang zurückgelegt, die zugehörige x-Koordinate auf der Achse ist $x = 10,0\text{m} \cdot \cos 15^\circ = 9,66$ m

Lsg Aufgabe 2

a) Wie groß ist im Medium 2 die Wellenlänge?

$$n = \frac{c_0}{c_M} = \frac{\lambda_0 \cdot f_0}{\lambda_1 \cdot f_1}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{c_0}{c_1} \cdot \frac{c_2}{c_0} = \frac{c_2}{c_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$n_1 \cdot \lambda_1 = n_2 \cdot \lambda_2 \quad \text{und} \quad \lambda_2 = \frac{n_1 \cdot \lambda_1}{n_2} = \frac{1 \cdot 632 \text{ nm}}{3,1} = 204 \text{ nm}$$

Abstand r zwischen P und den Spalten gleich groß

$$r = \sqrt{L^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{(0,01 \text{ m})^2 + \left(\frac{0,002 \text{ m}}{2}\right)^2} = 0,010049875 \text{ m}$$

Gangunterschied Δx zwischen beiden Wegen ist Null.

Phasenunterschied $\Delta\varphi$ durch verschieden große Wellenlänge

Es gilt für die Umrechnung von Weg in Phase: $\varphi = \frac{x}{\lambda} \cdot 2\pi$, zunächst werden die vollen

Wellenlängen subtrahiert, um die restliche Weglänge für jeden Strahl zu ermitteln, dann wird jeweils die Phase ausgerechnet und die Differenz gebildet.

$$m1 = \frac{0,010049875 \text{ m}}{0,000000632 \text{ m}} = 15901,70193$$

$$\Delta x1 = 0,010049875 \text{ m} - 15901 \cdot 0,000000632 \text{ m} = 0,010049875 \text{ m} - 0,010049432 \text{ m} \\ = 0,000000443 \text{ m} = 443 \text{ nm}$$

$$\varphi_1 = \frac{x_1}{\lambda_1} \cdot 2\pi = \frac{443 \text{ nm}}{632 \text{ nm}} \cdot 2\pi = 0,700949367 \cdot 2\pi = 4,404064873 \text{ rad}$$

$$m2 = \frac{0,010049875 \text{ m}}{0,000000204 \text{ m}} = 49264,09314$$

$$\Delta x2 = 0,010049875 \text{ m} - 49264 \cdot 0,000000204 \text{ m} = 0,010049875 \text{ m} - 0,010049856 \text{ m} \\ = 0,000000019 \text{ m} = 19 \text{ nm}$$

$$\varphi_2 = \frac{x_2}{\lambda_2} \cdot 2\pi = \frac{19 \text{ nm}}{204 \text{ nm}} \cdot 2\pi = 0,093137254 \cdot 2\pi = 0,585181372 \text{ rad}$$

$$\Delta\varphi = 4,404064873 \text{ rad} - 0,585181372 \text{ rad} = 3,8188835 \text{ rad} \approx 1,2\pi$$

Der Phasenunterschied ist ungefähr π , d.h. die beiden Wellen kommen fast gegensinnig an und löschen sich somit fast aus, es liegt destruktive Interferenz vor, die Stelle P ist ziemlich dunkel.

Lösungsvorschlag Aufgabe 3

a) Es gilt das Bernoulligesetz, der Gesamtdruck ist konstant, das Wasser fließt ohne Zusatzdruck

Der statische Druck hält dem hydrostatischen Druck im Steigrohr die Waage.
An Position 1 ist das Rohr waagrecht:

Statischer Druck

$$p_{\text{statisch}} = \rho \cdot g \cdot h_1$$

$$= 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 \text{m} = 1471,5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

b) Dynamischer Druck

$$p_{\text{dynamisch}} = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 45 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Gesamtdruck

$$p_{\text{ges}} = \text{konstant} = p_{\text{statisch1}} + p_{\text{dynamisch1}} = (\rho \cdot g \cdot a_1) + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$$

$$= (10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 \text{m}) + \frac{1}{2} 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = (1471,5 + 45) \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1516,5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Das allgemeine Bernoulligesetz mit Höhenunterschied $h = -0,3\text{m}$

$$p_{\text{ges}} = \text{konstant} = p_{\text{statisch2}} + p_{\text{dynamisch2}} + p_{\text{geodätisch}} = (\rho \cdot g \cdot a_2) + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

aus der Kontinuitätsgleichung $p_{\text{dynamisch}} = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

Wird bei gleichem Rohrdurchmesser $v_1 = v_2$

Aufgelöst nach der neuen Steighöhe h_2 ergibt sich

$$a_2 = \frac{p_{\text{ges}} - \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 - \rho \cdot g \cdot h}{\rho \cdot g} = \frac{1516,5 \text{Pa} - \frac{1}{2} \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - (10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (-0,3 \text{m}))}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 0,1546 \text{m} - 0,004587 \text{m} + 0,3000 \text{m} = 0,450013 \text{m} \approx 45 \text{cm}$$

e) Die Reynoldszahl lautet $Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta}$

Aufgelöst nach d mit $Re_{\text{krit}} \sim 2000$ für Rohre und $\eta = 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s}$ für Wasser

Aufgabe 4: Lösungsvorschlag Kondensator

$$d_{\max} = \frac{\eta \cdot Re}{v \cdot \rho} = \frac{10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 2000}{0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,067 \text{ m}$$

$$r = 0,33 \text{ m}$$

Die Feldstärke E

$$E = \frac{U}{d} = \frac{2,5 \cdot 10^3 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1,25 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 1,25 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{C} \cdot \text{m}}$$

Arbeit W1

$\alpha = 90^\circ$ und $\cos \alpha = 1$

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{s} = F \cdot \Delta s \cdot \cos \alpha$$

$$W = Q \cdot E \Delta s = 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 1,25 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{m}} \cdot 0,01 \text{ m} =$$
$$= 3,75003 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Arbeit W2

$$W = Q \cdot E \Delta s = 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 1,25 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{m}} \cdot 0,01 \text{ m} =$$
$$= 3,75003 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Arbeit W3

$$W = Q \cdot E \Delta s = 0 \text{ J}$$

Da $\alpha = 90^\circ$ ist und $\cos \alpha = 0$

Lsg Aufgabe 5: Pendel

Anfangsauslenkung: $y_0 = 15^\circ$

Periodendauer: $T_D = 2\text{ s}$

Kreisfrequenz: $\omega_D = \frac{2\pi}{T_D} = 3,14 \frac{1}{\text{s}}$

Abklingkoeffizient $\delta = \frac{\ln(\frac{\phi_1}{\phi_2})}{T_D} = \frac{\ln(\frac{9,25^\circ}{6,20^\circ})}{2\text{ s}} = 0,200 \frac{1}{\text{s}}$

Dämpfungsgrad $D = \frac{\delta}{\omega_0}; \omega_0 = \sqrt{\omega_D^2 + \delta^2} = 3,15 \frac{1}{\text{s}}; D = \frac{0,200 \frac{1}{\text{s}}}{3,15 \frac{1}{\text{s}}} = 0,06$

Nullphasenwinkel ϕ_0

Maximalauslenkung ϕ_m

(1) $\varphi(t) = \phi_m \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \phi_0)$

(2) $\dot{\varphi}(t) = -\phi_m \cdot \delta \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \phi_0) - \phi_m \cdot \omega_D \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_D t + \phi_0)$

Anfangsbedingungen

$\varphi(0) = 13,8^\circ$

$\dot{\varphi}(0) = -6,67 \frac{^\circ}{\text{s}}$

(1) $\varphi(0) = \phi_m \cdot \cos(\phi_0)$

$\phi_m = \frac{\varphi(0)}{\cos(\phi_0)}$

(2) $\dot{\varphi}(0) = -6,67 \frac{^\circ}{\text{s}} = -\phi_m \cdot \delta \cdot \cos(\phi_0) - \phi_m \cdot \omega_D \cdot \sin(\phi_0)$

$\dot{\varphi}(0) = -\frac{\varphi(0)}{\cos(\phi_0)} \cdot (\delta \cdot \cos(\phi_0) + \omega_D \cdot \sin(\phi_0))$

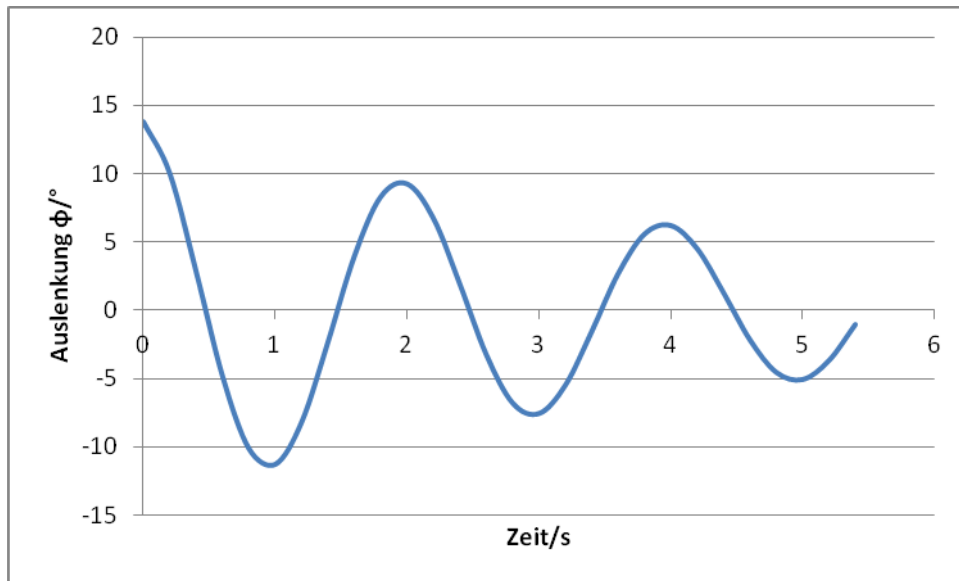
$\dot{\varphi}(0) = -\varphi(0) \cdot \delta - \varphi(0) \cdot \omega_D \cdot \tan(\phi_0)$

$\tan(\phi_0) = \frac{-\varphi(0) \cdot \delta - \dot{\varphi}(0)}{\varphi(0) \cdot \omega_D}$

$\tan(\phi_0) = \frac{-13,8^\circ \cdot 0,200 \frac{1}{\text{s}} + 6,67 \frac{^\circ}{\text{s}}}{13,8^\circ \cdot 3,14151 \frac{1}{\text{s}}} = 0,09$

$\phi_0 = \arctan(0,09) = 0,09 \quad \phi_m = \frac{13,8^\circ}{\cos(0,09)} = 13,85^\circ$

$\varphi(t) = 13,85^\circ \cdot e^{-0,200 \frac{1}{\text{s}} t} \cdot \cos(3,14 \frac{\text{rad}}{\text{s}} t + 0,09 \text{ rad})$



Auslenkung zum Zeitpunkt 4s (ist nicht gefragt)

$$\begin{aligned} \varphi(4s) &= 13,85^\circ \cdot e^{-0,200 \frac{1}{s} 4s} \cdot \cos\left(3,14 \frac{\text{rad}}{s} 4s + 0,09 \text{ rad}\right) = \\ &13,85^\circ \cdot e^{-0,200 \frac{1}{s} 4s} \cdot 0,997 = 6,22^\circ \cdot 0,997 = 6,20^\circ \end{aligned}$$

Geschwindigkeit zum Zeitpunkt 4s

$$\begin{aligned} \dot{\varphi}(t) &= -13,85^\circ \cdot \left(0,200 \frac{1}{s} \cdot e^{-0,200 \frac{1}{s} 4s} \cdot \cos\left(3,1415 \frac{1}{s} 4s + 0,09\right) + 3,1415 \frac{1}{s} \cdot e^{-0,200 \frac{1}{s} 4s} \cdot \sin\left(3,1415 \frac{1}{s} 4s + 0,09\right)\right) \\ &= -13,85^\circ \cdot \left(0,08987 \frac{1}{s} \cdot 0,997 + 1,41157 \frac{1}{s} \cdot 0,08951\right) \\ &= -2,99 \frac{^\circ}{s} \end{aligned}$$

Lösungsvorschlag zur Aufgabe 6

Die Ergebnisse, die aus der Zeichnung des Diagrammes abgeleitet werden, sind für jeden unterschiedlich.

Ein langes Gummiband wurde in einer Zugmaschine charakterisiert. Für jede Dehnung Δx wurde die Zugkraft F jeweils 5-mal gemessen.

a) Berechnen sie die Mittelwerte der Kraft sowie den mittleren Fehler des Mittelwertes.

$\Delta x/m$	MW F/N	s/(N)	s/Wurzel(n) /(N)
0	0,00	0,00	0,0
0,1	91,6	2,07	0,9
0,2	168,2	1,64	0,7
0,3	227,4	4,83	2
0,4	272,6	4,28	2
0,6	311,200	0,001	0,001

b) Zeichnen sie die Kraft mit Fehlerbalken gegen die Ausdehnung als Diagramm.

Benutzen Sie zunächst nur die ersten 5 Wertepaare (von $x=0$ m bis $x=0,4$ m).

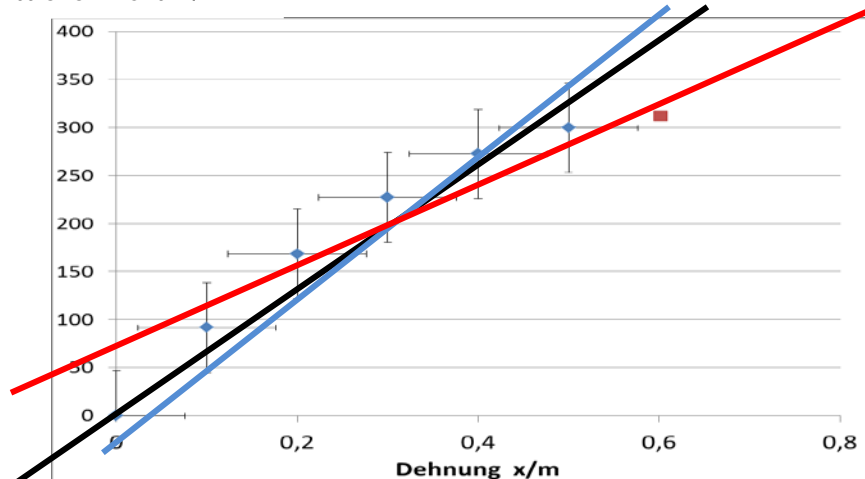
c) Ermitteln sie unter Annahme eines linearen Kraftgesetzes die Steigung mit Fehler.

Steigung c der Geraden aus der Zeichnung (min. und max. Steigung) entspricht der Federkonstanten

$$c = 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \pm 8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Als Fehler für die Ausdehnung wird $\Delta x = \pm 0,1$ m angenommen, da der Wert auf 1 Dezimale angegeben ist und die letzte angegebene Ziffer den Fehler enthält.

Mittlere Kraft F/N



d) Geben sie das daraus abgeleitete lineare Kraftgesetz explizit an.

$$F(x) = 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot x$$

e) Wie groß ist die Arbeit W nach einer Ausdehnung von x=0 m auf 0,4 m?

Berechnet mittels Hookschem Gesetz und der Federkonstanten c (Steigung der Geraden)

$$W = \frac{1}{2} \cdot c \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,4\text{m})^2 = 58,64\text{Nm}$$

Alternative Ermittlung der Arbeit geometrisch aus dem Diagramm als fläche unter der Kurve/Geraden:

$$W = F(x) \cdot x = \frac{1}{2} \cdot 272,6\text{N} \cdot 0,4\text{m} = 58,52\text{Nm}$$

f) Geben sie den absoluten und den prozentualen Fehler der Arbeit an.

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta c}{c} \cdot 2 \frac{\Delta x}{x} = \frac{8 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{733 \frac{\text{N}}{\text{m}}} + \frac{0,1\text{m}}{0,4\text{m}} = 0,26$$

$$\Delta W = W \cdot \left(\frac{\Delta F(x)}{F(x)} + \frac{\Delta x}{x} \right) = 58,64\text{Nm} \cdot 0,26 = 15,2\text{Nm} \approx 20\text{Nm}$$

oder

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta F(x)}{F(x)} + \frac{\Delta x}{x} = \frac{2\text{N}}{272,6\text{N}} + \frac{0,1\text{m}}{0,4\text{m}} = 0,26$$

$$\Delta W = W \cdot \left(\frac{\Delta F(x)}{F(x)} + \frac{\Delta x}{x} \right) = 58,52\text{Nm} \cdot 0,26 = 15,0\text{Nm} \approx 20\text{Nm}$$

g) Zeichnen sie das Datenpaar für x=0,6 m mit ins Diagramm ein.

h) Schätzen sie die Arbeit für die Ausdehnung von x=0 m auf x=0,6 m aus dem Diagramm ab (in die Skizze einzeichnen)

$$W \approx \frac{1}{2} \cdot 0,6\text{m} \cdot 310\text{N} = 93\text{N}$$

i) Berechnen sie die Arbeit für eine Ausdehnung von x=0 m auf x=0,6 m aus dem linearen Kraftgesetz (mit Fehlerangabe).

$$W = \frac{1}{2} \cdot c \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,6\text{m})^2 = 132\text{Nm}$$

bzw

$$F(0,6\text{m}) = 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot x = 733 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,6\text{m} = 440\text{N}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot 440\text{N} \cdot 0,6\text{m} = 132\text{Nm}$$

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta c}{c} \cdot 2 \frac{\Delta x}{x} = \frac{8 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{733 \frac{\text{N}}{\text{m}}} + \frac{0,1\text{m}}{0,6\text{m}} = 0,18$$

$$\Delta W = W \cdot \left(\frac{\Delta F(x)}{F(x)} + \frac{\Delta x}{x} \right) = 132\text{Nm} \cdot 0,18 = 23,4\text{Nm} \approx 20\text{Nm}$$

$$W = (130 \pm 20)\text{Nm}$$

j) Vergleichen Sie beide Werte.

Die Werte $W = (130 \pm 20)\text{Nm}$ und $W = 93\text{ Nm}$ stimmen im Rahmen der Messgenauigkeit nicht überein.

