Sommersemester 2013	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!

Massenträgheitsmoment Kugel $J_{Kugel} = \frac{2}{5} mr^2$

Aufgabe 1: Apfel auf LKW (20 Punkte)

Auf der Ladefläche eines LKW bleibt nach Entladen ein einzelner Apfel mit Radius r=3 cm und einer Masse von m_A=120 g liegen. Der Apfel befindet sich im Abstand (x_1-x_0)=2,0 m vom Ende der Ladefläche des stehenden Fahrzeuges entfernt.
Der LKW beschleunigt in negativer x-Richtung aus der Ruhe mit a=0,3 m/s^2 und der Apfel rollt über die Ladefläche.

a) Geben sie das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz für die Bewegung des LKW an.

Der LKW beschleunigt in negativer x-Richtung aus der Ruhe mit a=0,3 m/s^2, seine Anfangsgeschwindigkeit ist Null.

$$a_{LKW} = -0{,}3\frac{m}{s^2}$$

$$v_{LKW}(t) = a_{LKW} \cdot t = -0{,}3\frac{m}{s^2} \cdot t$$

b) Geben sie das Winkelgeschwindigkeits-Zeit-Gesetz für die Bewegung des Apfels auf der Ladefläche an.

Der Apfel rollt in positiver x- Richtung über die Ladefläche, mit der gleichen, aber entgegengesetzten Geschwindigkeit wie der LKW. Der Apfel startet aus der Ruhe.

Es gilt die Rollbedingung $\omega = \frac{v}{r}\ und\ \alpha = \frac{a}{r}$

$$v_{Apfel}(t) = -a_{LKW} \cdot t = +0{,}3\frac{m}{s^2} \cdot t$$

$$a_{Apfel} = +0{,}3\frac{m}{s^2}$$

c) Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit des Apfels am Ende der Ladefläche?

$$\omega_{Apfel} = \frac{-a_{LKW}}{r} \cdot t = \frac{+0{,}3\,\frac{m}{s^2}}{0{,}03m} \cdot t = 10\,\frac{1}{s^2} \cdot t$$

s=2 m

d) Wie lange braucht der Apfel bis er herrunterfällt?

Berechnung der Rollzeit = Zeit, in der der LKW 2 m Strecke zurückgelegt hat.

$$s(t)_{LKW} = \frac{1}{2} a_{LKW} \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}3\,\frac{m}{s^2} \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a_{Apfel}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2\,m}{0{,}3\,\frac{m}{s^2}}} = 13{,}3\,s$$

$$\omega_{Apfel}(13{,}3\,s) = 10\,\frac{1}{s^2} \cdot 13{,}3s = 133\,\frac{1}{s}$$

Wie lange braucht der Apfel, bis er herunterfällt?

$t = 13{,}3\,s$

e) Welche Formen an mechanischer Energie besitzt der Apfel beim Rollen?

$E_{kin,Translation}$ des Schwerpunktes

$E_{kin,Rotation}$ für die Rotation um den Schwerpunkt

(Ggf. noch E_{Lage} für die Position auf der Ladefläche über der Straße, hier nicht gefragt)

f) Stellen sie eine Formel für die Gesamtenergie des Apfels beim Rollen auf der Ladefläche auf.

$$E_{ges} = \frac{1}{2} m_{Apfel} \cdot v^2 + \frac{1}{2} J_{Schwerpunkt\ Apfel} \cdot \omega^2$$

g) Berechnen sie die Gesamtenergie des Apfels nach einer Rollzeit von t=0,1 s.

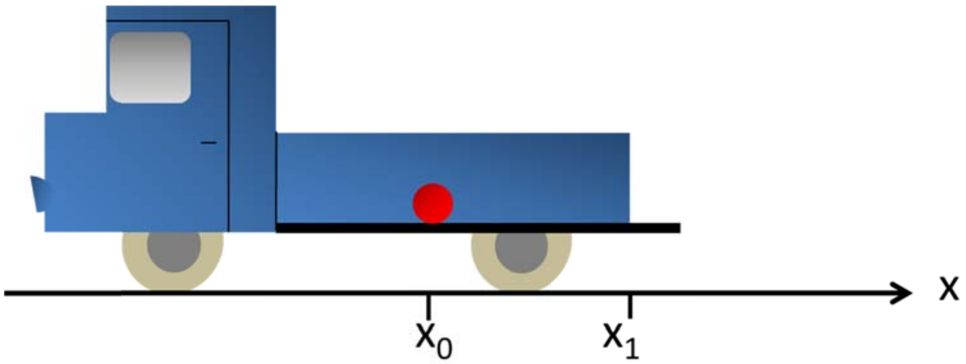
$$\omega_{Apfel}(0{,}1\,s) = 10\,\frac{1}{s^2} \cdot 0{,}1s = 1\,\frac{1}{s}$$

$$v_{Apfel}(0{,}1\,s) = 0{,}3\,\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}1\,s = 0{,}03\,\frac{m}{s}$$

$$J_{Schwerpunkt\ Apfel} = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2 = \frac{2}{5} \cdot 0{,}12\,kg \cdot (0{,}3\,m)^2 = 0{,}00432\,kg \cdot m^2$$

$$E_{ges}(0{,}1s) = \frac{1}{2} m_{Apfel} \cdot \big(v(0{,}1\,s)\big)^2 + \frac{1}{2} J_{Schwerpunkt\ Apfel} \cdot \big(\omega(0{,}1\,s)\big)^2$$

$$= \tfrac{1}{2}\, 0{,}12kg \cdot \left(0{,}03\,\tfrac{m}{s}\right)^2 + \tfrac{1}{2}\, 0{,}00432\,kg \cdot m^2 \cdot \left(1\,\tfrac{1}{s}\right)^2 = 0{,}002214\ \text{J}$$


x
x0
x1

Sommersemester 2013	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 (10 Punkte)

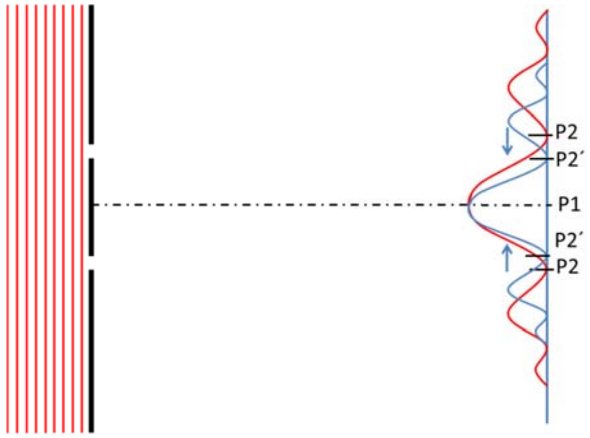
Rotes kohärentes Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 632$ nm fällt senkrecht auf den unten skizzierten Doppelspalt. Hinter dem Doppelspalt ist ein Schirm aufgestellt.

Am Ort P2 beobachten sie ein Minimum im Beugungsbild.

Der rote Laser wird nun durch einen blauen Laser der Wellenlänge $\lambda = 480\ nm$

ausgetauscht.

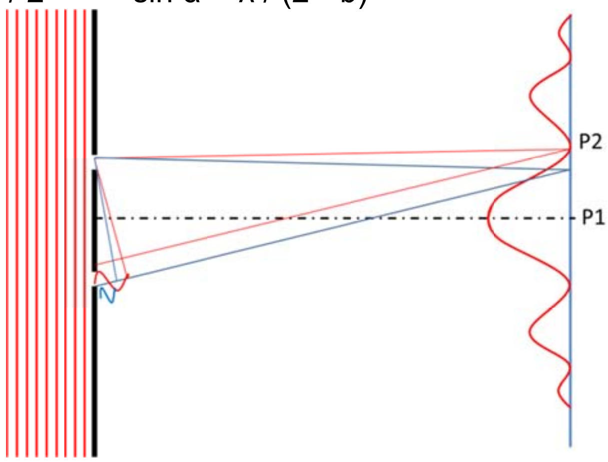
a) Skizzieren sie im Bild die ungefähre Lage des neuen Minimums im Beugungsbild.



b) Begründen sie ihre Entscheidung

Auslöschung am Punkt, an dem der Gangunterschied der der Wellen aus den zwei Spalten λ/2 beträgt. Weil der Gangunterschied für blaues Licht mit kürzerer Wellenlänge geringer ist, ist der Winkel kleiner und das Minimum näher an der Mitte.

$\Delta x = b * \sin \alpha = \lambda / 2$ $\sin \alpha = \lambda / (2 * b)$

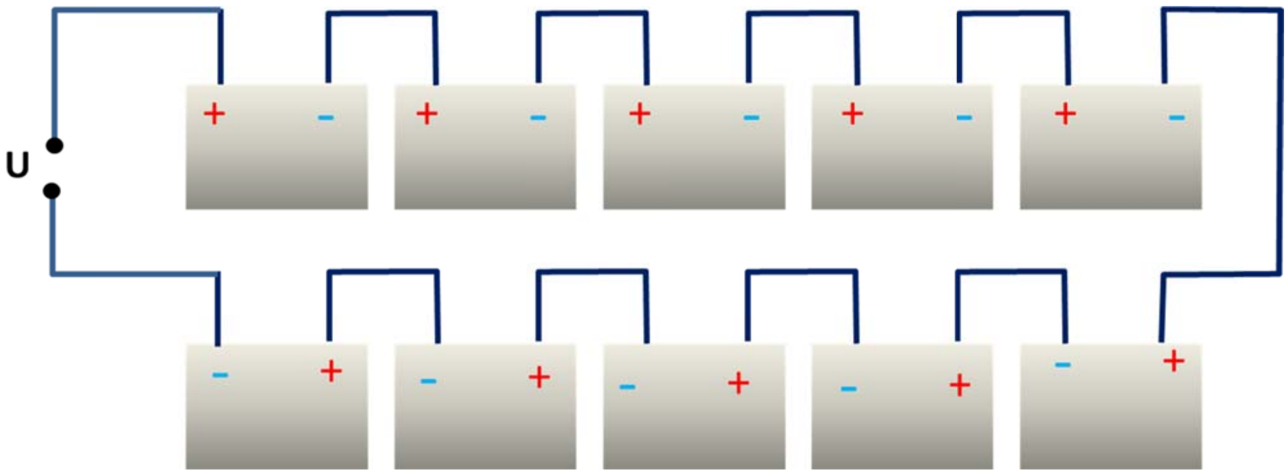


Sommersemester 2013		Blatt 3 (von 6)
Studiengang:	BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

Aufgabe 3 Solarzellen und Batterien (18 Punkte)

Ein Haus soll durch eine Fotovoltaikanlage mit Strom versorgt werden. Ein Solarmodul erzeugt laut Hersteller eine Leistung von maximal 1 kW bei optimaler Einstrahlung. Es sind 10 Module angebracht.

Die Sonnenscheindauer innerhalb eines Jahres am Standort sei 1800 h. Da die Sonne nicht immer maximaler Einstrahlung bringt, nimmt der Hausbesitzer als Mittelwert 1/10 der maximalen Leistung der Panele an.



a) Wie groß ist die Energie, die er solar erzeugen kann? Geben sie das Ergebnis in der Einheit Joule an.

$$E_{ges} = 10 \cdot \frac{1}{10} \cdot 1\,kW \cdot 1800\,h = 1800\,kWh = 1800 \cdot 10^3 \frac{J}{s} \cdot 3600\,s = 6{,}48 \cdot 10^9\,J$$

Um solar erzeugte elektrische Energie zu speichern werden 10 Batterien installiert, die in Reihe geschaltet sind (s. Skizze). Jede Batterie hat bei voller Ladung eine offene Klemmenspannung von U_K = 24 V.

Der maximal fließende Strom dieser Anordnung beträgt I = 2,4 A, die Spannung hat dabei den Wert U_{Mess} = 50 V.

b) Wie groß ist der Innenwiderstand R_i einer Batterie?

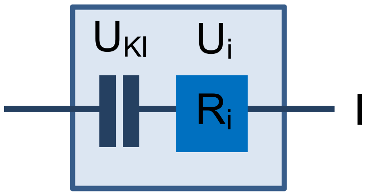
$$R_{ges} = \frac{U_{ges} - R_{i,ges} \cdot I_{ges}}{I_{ges}} = \frac{U_{Kl}}{I_{ges}} - R_{i,ges}$$

$$R_{i,ges} = \frac{U_{Kl}}{I_{ges}} - R_{ges} \qquad U_{Kl} = 10 \cdot 24\,V = 240\,V$$

$$R_{i,ges} = \frac{240\,V}{4{,}2\,A} - \frac{50\,V}{4{,}2\,A} = 57{,}1\,\Omega - 11{,}9\,\Omega = 45{,}2\,\Omega$$

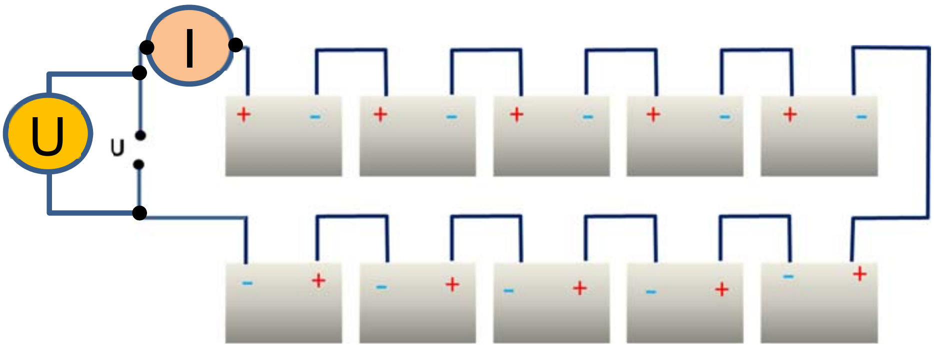
$$R_i = \frac{1}{10} \cdot R_{i,ges} = 4{,}52\,\Omega$$

Batterie mit Stromunabhängiger Klemmenspannung und stromabhängigem Spannungsverlust am Innenwiderstand



Das Voltmeter wir immer parallel zur zu messenden Spannung eingebaut, es zeigt die Potentialdifferenz zwischen den beiden Kontaktpunkten an. Es sollte einen möglichst großen Innenwiderstand besitzen, damit der Strom im Parallelkreis möglichst klein ist.

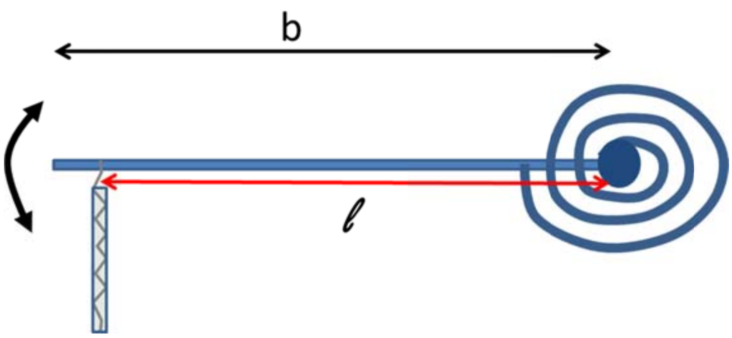
Das Amperemeter wird irgendwo in die Leitung eingebaut und vom Strom durchflossen, der Strom ist überall gleich groß. Es sollte einen vernachlässigbar kleinen Innenwiderstand besitzen.



Sommersemester 2013		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: Pendeluhr (25 Punkte)

Als Praktikumsversuch soll ein Zeitgeber gebaut werden. Dazu wird auf dem Labortisch waagerecht ein zylindrischer Stab der Länge b endständig an einer fixierten Drehfeder befestigt (s. Skizze).



Die Federkonstante wird zunächst mittels eines im Abstand ℓ=20 cm von der Drehachse senkrecht zum Stab gehaltenen Federkraftmessers gemessen.

Für eine Auslenkung von $\varphi=\pi/2$ wird die Kraft F=2 N gemessen.

a) Berechnen sie die Drehfederkonstante k*.

b) Der Stab soll nach Anstoßen eine Schwingung mit einer Periodendauer von T=1 s ausführen. Wie groß muss das Massenträgheitsmoment J des Stabes sein, wenn die Schwingung als ungedämpft angenommen wird? ($J_{Schwerpunkt} = 1/12 * m * l^2$)

c) Wie lang muss der Stab sein, wenn sein Radius r=2 mm beträgt und das Material Eisen eine Dichte von ρ= 7,874 g/cm^3 besitzt?

kann unabhängig gelöst werden

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

$$\varphi(\mathrm{t}) = \varphi_{max} \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \Phi_0)$$

Sie messen nun die reale Schwingungsdauer (gedämpft) und erhalten T_D=1,1 s. Die Anfangsauslenkung beträgt φ(0s)= π/2.

d) Wie groß ist die zugehörige Kreisfrequenz ω_D?

e) Wie groß ist der Dämpfungsgrad ϑ?

f) Wie groß ist das Verhältnis zweier aufeinanderfolgender Amplituden?

g) Berechnen sie φ_{max},

h.) Wie groß ist der Nullphasenwinkel Φ_0?
i.) Wie lautet das komplette konkrete Winkel-Zeit-Gesetz der Schwingung?
j) Skizzieren Sie die Funktion für 3 Perioden beginnend mit t = 0 s.

a.) $M = k^* \cdot \varphi$

$$k^* = \frac{M}{\beta} = \frac{F \cdot b}{\beta} = \frac{2\,N \cdot 0{,}2\,m}{\frac{\pi}{2}} = 0{,}255\,Nm$$

b.) $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{k^*}}$

$$J = \frac{T^2 \cdot k^*}{4 \cdot \pi^2} = \frac{1s^2 \cdot 0{,}255\,Nm}{4 \cdot \pi^2} = 0{,}00645\text{ kg m}^2$$

c.) Massenträgheitsmoment bei Drehung um Stabende nach Satz von Steiner:

$$J_{gesamt} = J_{Schwerpunkt} + J_{Steiner} = \frac{1}{12} ml^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2$$
$$= (\frac{1}{12} + \frac{1}{4})ml^2 = \frac{1}{3}ml^2 = \frac{1}{3}\,\rho \cdot r^2 \pi \cdot l^3$$

$$J = \frac{1}{3}ml^2 = \frac{1}{3}\,\rho \cdot r^2 \pi \cdot l^3$$
$$l = \sqrt[3]{\frac{3\,J}{\rho \cdot r^2 \pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0{,}00645\text{ kg m}^2}{7874\,\frac{kg}{m^3} \cdot (0{,}002m)^2 \cdot \pi}} = 0{,}580\,m$$

d.) $\omega_D = \frac{2\pi}{T_D} = 6{,}22\,\frac{1}{s}$

e.) $\omega_D = \omega_0\sqrt{1-\vartheta^2}$

$$\vartheta = \sqrt{1-\left(\frac{\omega_D}{\omega_0}\right)^2} = \sqrt{1-\left(\frac{T_0}{T_D}\right)^2} = 0{,}14$$

f.) $\Lambda = \delta\,T_D = \vartheta\,\omega_0\,T_D = 2\,\pi\,\vartheta\,\frac{T_D}{T_0} = 0{,}891$

g. und h) $\varphi(t) = \varphi_{\max}\quad e^{-\delta t}\quad \cos(\omega_D t + \Phi_0)$

$$\dot{\varphi}(t) = -\varphi_{max} \cdot \delta \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \Phi_0) - \varphi_{max} \cdot e^{-\delta t}\omega_D \cdot \sin(\omega_D t + \Phi_0)$$

$$0 = -\varphi_{max}\,(\delta \cdot \cos(\Phi_0) + \omega_D \cdot \sin(\Phi_0))$$
$$\delta = -\omega_D \cdot \frac{\sin(\Phi_0)}{\cos(\Phi_0)} = -\omega_D \cdot \tan(\Phi_0)$$

$$\tan(\varphi_0) = -\frac{\delta}{\omega_D}$$

$$\varphi_0 = \arctan\left(-\frac{\delta}{\omega_D}\right) = \arctan\left(-\frac{\vartheta \cdot \omega_0}{\omega_D}\right) = \arctan\left(-\frac{\vartheta \cdot T_D}{T_0}\right) = \arctan\left(-\frac{0{,}14 \cdot 1{,}1 s}{1{,}0\ s}\right)$$
$$= -0{,}153\ rad = -8{,}75°$$

$$\varphi_{\max} = \frac{\varphi(0\,s)}{\cos(\Phi_0)} = \frac{\pi/2}{\cos(\Phi_0)} = 3{,}17\,rad \quad bzw. \frac{45°}{\cos(^-8{,}75°)} = 45{,}5°$$

$$\delta = -\omega_D \cdot \tan(\Phi_0) = -6{,}22\frac{1}{s} \cdot \tan(-8{,}75°) = 0{,}957\frac{1}{s}$$

i.) Wie lautet das komplette konkrete Winkel-Zeit-Gesetz der Schwingung?

Achtung: Das Argument der cos-Funktion wird immer im Bogenmaß angegeben, ebenso wie der Nullphasenwinkel!

Die Winkel-Funktion $\varphi(t)$ und der Scheitelwert φ_{max} können als Gradzahl oder im Bogenmaß angegeben werden, die Dimension des Scheitelmaßes bestimmt die physikalische Einheit.

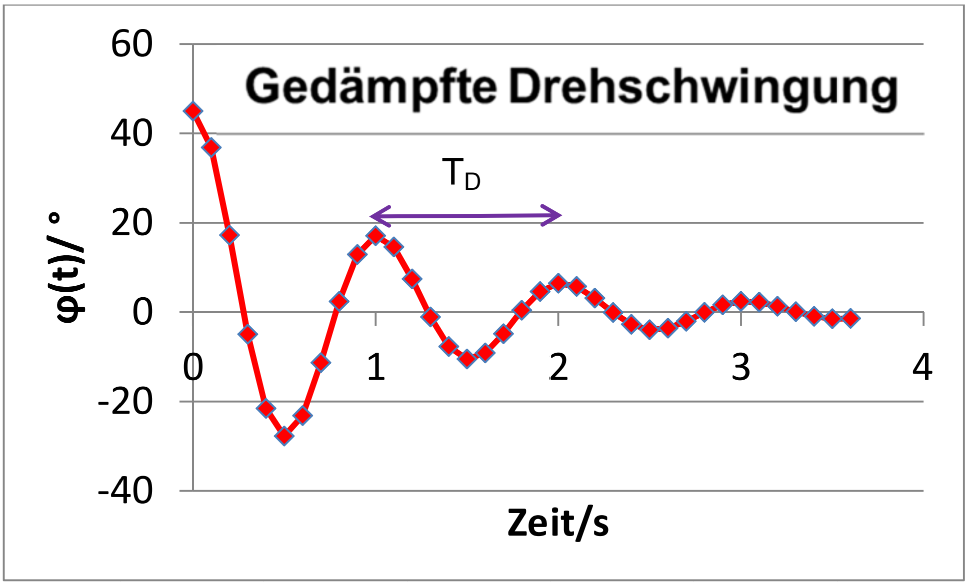
$$\varphi(\mathrm{t}) = \varphi_{max} \cdot e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_D t + \Phi_0)$$

$$\varphi(\mathrm{t}) = 45{,}5° \cdot e^{-0{,}957\frac{1}{s}t} \cdot \cos\left(6{,}22\frac{1}{s}t - 0{,}15\,rad\right)$$

bzw.

$$\varphi(\mathrm{t}) = 3{,}17\ \mathrm{rad} \cdot e^{-0{,}957\frac{1}{s}t} \cdot \cos\left(6{,}22\frac{1}{s}t - 0{,}15\,rad\right)$$

k.)Skizzieren Sie die Funktion für 3 Perioden beginnend mit t=0 s.



Sommersemester 2013		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: Absorption (35 Punkte)

Der Extinktionskoeffizient einer Kaliumpermanganatlösung wird aus der Höhe der Absorption wird für verschiedene Konzentrationen bestimmt.

Dabei gilt für die Abhängigkeit der Absorption von der Konzentration $\frac{\Phi}{\Phi_0} = e^{-\varepsilon c d}$

Die Extinktion E ist bei einer Küvettenlänge von d=1 cm definiert als

$$E = \varepsilon \quad c \quad d$$

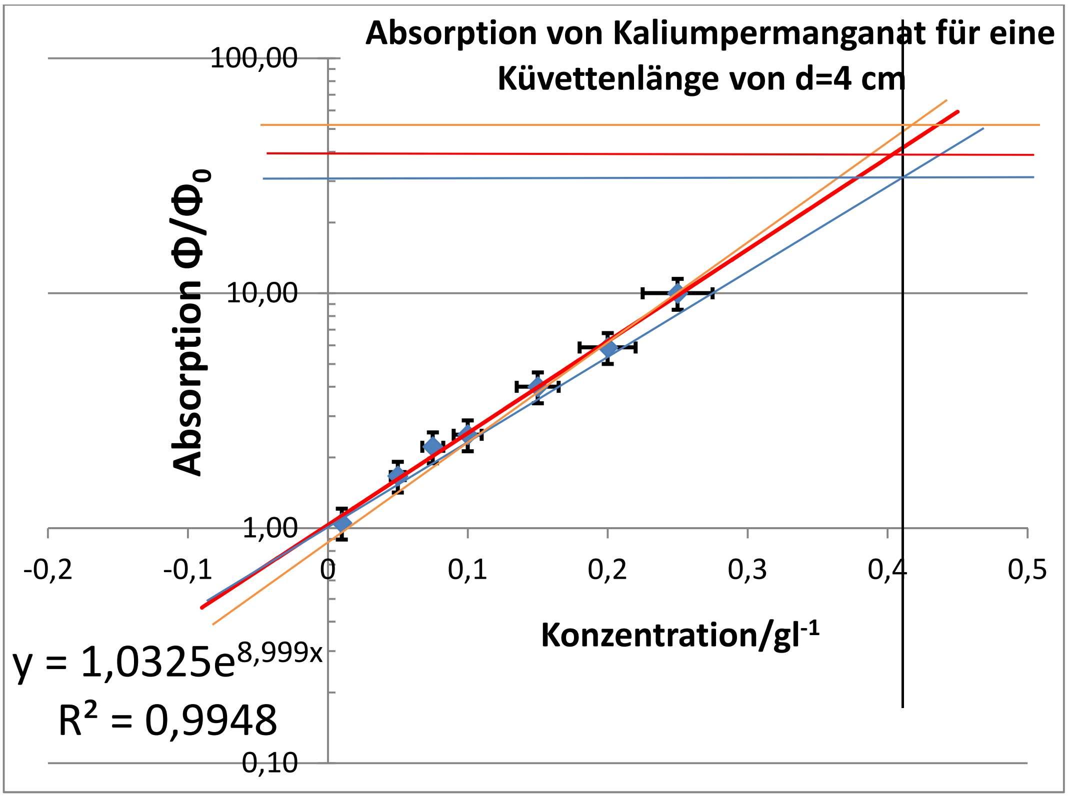
Dabei sind Φ und Φ_0 die gemessenen Konzentrationen bzw. die Anfangskonzentration, ε die Extinktion und d die Länge der Küvette. Die Konzentration konnte mit einer Messunsicherheit von 10% und die relative Absorption konnten mit einer Messunsicherheit von 15% gemessen werden.

a) Bestimmen sie grafisch durch geeignete Auftragung der Messdaten den Extinktionskoeffizienten E sowie seinen Fehler. Zeichnen sie die beiden Messunsicherheiten der Daten als Fehlerbalken in die Grafik ein und berücksichtigen sie diese bei der Fehlerabschätzung.

b) Wie groß muss die Schichtdicke der Lösung sein, damit 99,9% des einfallenden Lichtes absorbiert werden?

Konzentration c/ g l^{-1}	$\frac{\Phi_0}{\Phi}$ für d=4 cm
0,01	0,95
0,05	0,6
0,075	0,45
0,1	0,4
0,15	0,25
0,2	0,17
0,25	0,1

a)



$m_{min} = \frac{\ln 20 - \ln 2}{0{,}4 gl-1} = 3{,}2188$ l/g

$m_{max} = \frac{\ln 50 - \ln 0{,}95}{0{,}4 gl-1} = 3{,}0470\ l/g$

$\Delta m = 0{,}21$ l/g

Ergebnis m=(9,0±0,3) l/g= ε*4cm

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}$$

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon \cdot \frac{\Delta m}{m} = 2{,}25 \frac{l}{g \cdot cm} \cdot \frac{\Delta 0{,}3}{9{,}0} = 0{,}08 \frac{l}{g \cdot cm}$$

für d=1 cm:
Extinktion mit ε =m/d=(2,25±0,08) l/gcm

Auswertung der Steigung und der Messunsicherheit der Geradensteigung mit EXCEL **Funktion rgp**

m	**9,00**	0,03	b
dm	**0,29**	0,04	db

R^2	0,99	0,06	

b)

$\Phi/\Phi_0 = 0{,}001$

$\Phi/\Phi_0 = 0{,}001 = e^{-\varepsilon\cdot d\cdot c} = e^{-2{,}25\frac{l}{g\cdot cm}\cdot d\cdot c}$

$-2{,}25\,\frac{l}{g\cdot cm}\cdot d\cdot c = \ln(0{,}001)$

Ist die Konzentration c nicht explizit gegeben, so lautet das Ergebnis:

$$\mathrm{d} = \frac{\ln(0{,}001)}{2{,}25\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{g\cdot cm}}}\cdot\frac{1}{\mathrm{c}} = \frac{7{,}72}{\mathrm{c}}$$

Für eine Konzentration von c=0,100 g/l ergibt sich z. B.

$$\mathrm{d} = \frac{7{,}72\,\frac{\mathrm{g\cdot cm}}{\mathrm{l}}}{0{,}100\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{l}}} = 77{,}2\ \mathrm{cm} = 0{,}772\ \mathrm{m}$$

Sommersemester	2013	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: Quecksilbermanometer (12 Punkte)

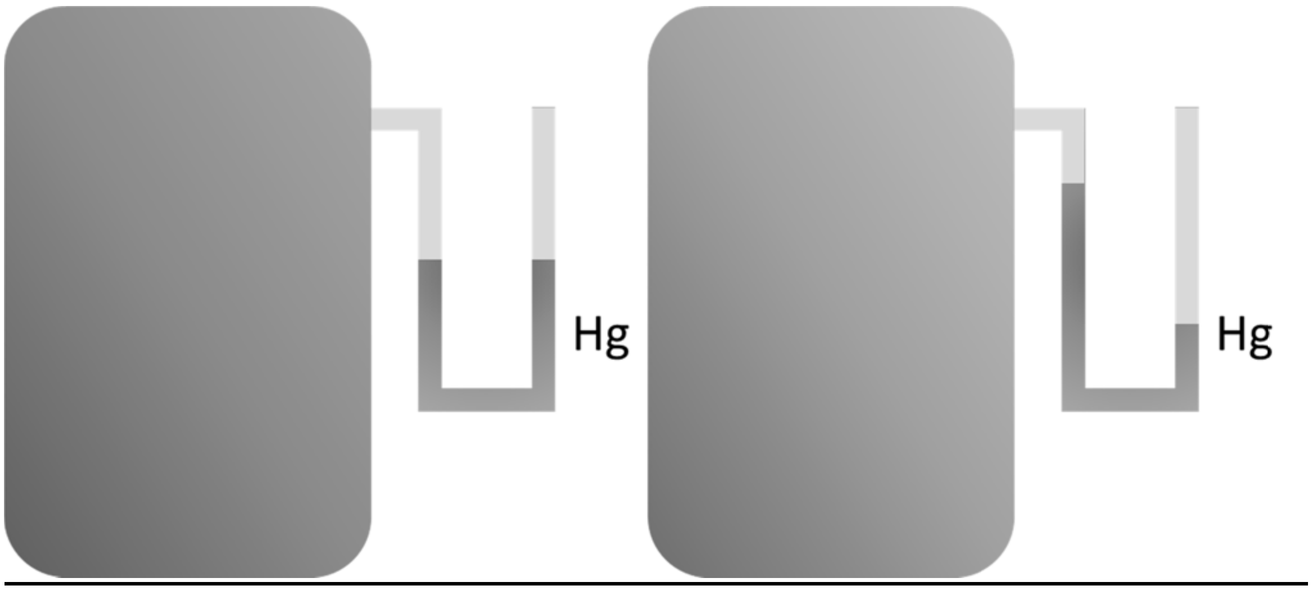
Während der Bachelorarbeit betreut ein Studierender eine altertümliche Vakuumapparatur mit einem Quecksilbermanometer zur Druckanzeige.

Vor Beginn der Evakuierung ist der Quecksilberspiegel in beiden Schenkeln auf gleichem Niveau. Die Dichte von Quecksilber beträgt $\rho=13{,}6\ \text{gcm}^{-3}$.

a) Zunächst wird die Apparatur mit einer Wasserstrahlpumpe ausgepumpt. Der Restdruck soll jetzt 6 hPa betragen. Wie groß ist die Differenz der beiden Quecksilberspiegel in mm?

b) Die Turbomolekularpumpe wird nun anstelle der Wasserstrahlpumpe eingeschaltet.

Sie soll laut Hersteller in der Kammer einen Enddruck von $p_{vakuum}=10^{-7}$ mbar erreichen. Um welchen Wert (in mm) vergrößert sich die Differenz der Quecksilberspiegel dabei noch weiter?



Das U-Rohrmanometer misst die Druckdifferenz zwischen den beiden Enden. Die Druckdifferenz Δp erzeugt einen Höhenunterschied der Flüssigkeitsspiegel:

a)

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{(1013 - 6)hPa}{13{,}6 \cdot 10^3 \, \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \, \frac{m}{s^2}} = 0{,}75478 \, m$$

b)

Enddruck $p_{vakuum} = 10^{-7}$ mbar

$$1 \; bar = 10^5 Pa$$
$$10^{-7} \; mbar = 10^{-5} Pa$$
$$h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{(1013 \; \cdot 10^2 Pa - 1 \; \cdot 10^{-5} Pa)}{13{,}6 \cdot 10^3 \, \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \, \frac{m}{s^2}} = \frac{(101300 \; Pa - 0{,}00001 Pa)}{13{,}6 \cdot 10^3 \, \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \, \frac{m}{s^2}} = 0{,}75928 \, m$$

$$\boldsymbol{\Delta h = 4{,}4 \; mm}$$