NSZ

Zwischenmatur 2011
Physik und Anwendungen der Mathematik
Lehrer: Peter Senn

Max. 54P.

Name: ....

Werden Zusatzblätter benötigt, so soll nicht mehr als eine Aufgabe auf einem Blatt gelöst werden.

Aufgabe 1: (6 Punkte)

Beim Explodieren von Nitropenta steigt die Temperatur bis zu $3900^{\circ}C$. Das spezifische Schwadenvolumen von Nitropenta ist $780\,dm^3/kg$. Darunter versteht man das Volumen, das die bei der Explosion von einem Kilogramm Sprengstoff gebildeten Gasteilchen im Normzustand ($0^{\circ}C$, $101\,kPa$) einnehmen würden.
Ein Kilogramm Sprengstoff nimmt ein Volumen von rund $0.56\,dm^3$ ein. Wir wollen annehmen, dass die Erwärmung auf $3900^{\circ}C$ praktisch instantan erfolgt, wohingegen die Expansion verzögert einsetzt.

a) Bestimme aus dem spezifischen Schwadenvolumen die Anzahl Mol Gasteilchen, die bei der Explosion von einem Kilogramm Sprengstoff entstehen.

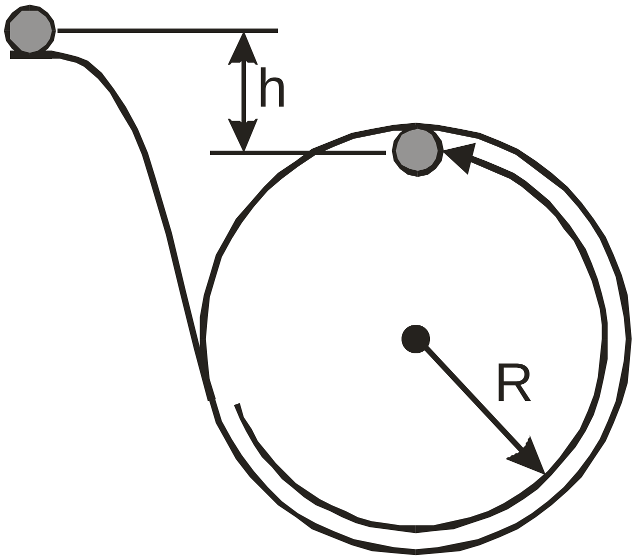
b) Wir nehmen an, dass die Temperatur ihren Maximalwert erreicht, bevor die Expansion, ausgehend von einem Volumen von $0.56\,dm^3$, einsetzt. Wie gross ist dann der maximale Gasdruck bei der Explosion?

c) Wenn man annimmt, dass die bei der Explosion gebildeten Gase sich adiabatisch ausdehnen, bei welchem Volumen hat der Gasdruck auf $1\,bar$ abgenommen und wie hoch wäre dann die Temperatur? Für den Adiabatenexponenten soll gelten $\chi = 1.3$.

Aufgabe 2: (6 Punkte)

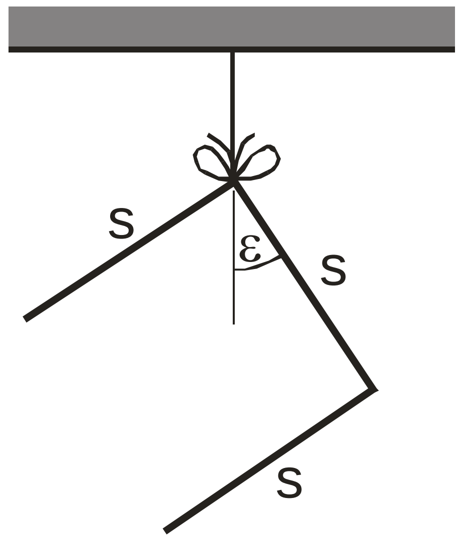
Bestimme eine Formel für die Bewegungsenergie einer <u>rollenden</u> Kugel der Masse m bei einer Geschwindigkeit v.

Eine Kugel wird auf eine „Murmelbahn“ mit einem Looping gelegt. Im Looping bewegt sich der Schwerpunkt der Kugel auf einer Kreisbahn mit Radius R. Auf welcher minimalen Höhe h über dem höchsten Punkt dieser Kreisbahn müsste die Kugel losgelassen werden, damit sie im Looping nicht „abstürzt“? Es sei $R = 5\,\text{cm}$.



Aufgabe 3: (6 Punkte):

Ein 30cm langer Kupferdraht wird an zwei Stellen geknickt so, dass ein Quadrat aus Draht mit einer fehlenden Seite entsteht. Das Stück Draht wird an einer Ecke an einem Faden aufgehängt. Berechne den Winkel ε, den das mittlere geradlinige Segment des Drahts mit dem Lot einschliesst. Siehe dazu nebenstehende Skizze!



Aufgabe 4: (6 Punkte)

Welche Spannung müsste ein anfänglich ruhendes Elektron durchlaufen, damit es, gemäss den Gesetzen der klassischen Physik, bis zur Lichtgeschwindigkeit beschleunigt würde? Welche Geschwindigkeit erreicht das Elektron beim Durchlaufen der berechneten Spannung tatsächlich?

Aufgabe 5: (6 Punkte)

Eine lange Spule ohne Eisenkern wird an eine Gleichspannung von $5\,\mathrm{V}$ angeschlossen. Beim Einschalten steigt die Stromstärke um $7.5\,\mathrm{A}$ pro Millisekunde. Die Spule ist $15\,\mathrm{cm}$ lang und hat einen Durchmesser von $3\,\mathrm{cm}$. Ihr ohmscher Widerstand sei unbedeutend. Wie viele Windungen hat die Spule?

Aufgabe 6: (6 Punkte)

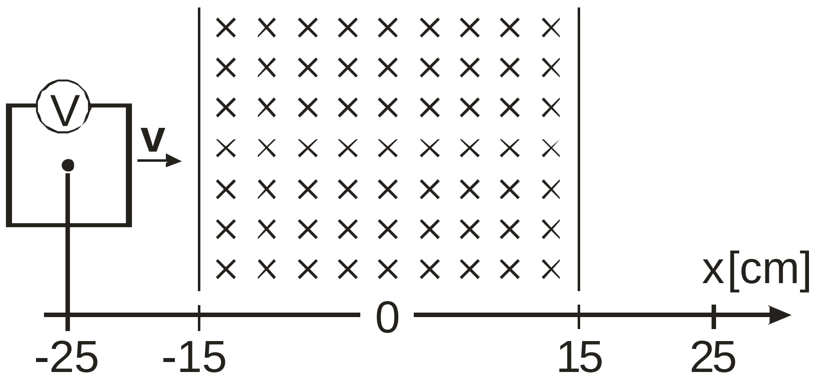
Die Sonnenbestrahlungsstärke im mittleren Abstand der Erde von der Sonne (Solarkonstante) misst rund $1.4\,\mathrm{kW/m^2}$. Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne misst rund 150 Mio. km. Schätze mithilfe dieser beiden Grössen die von der Sonne emittierte Strahlungsleistung.

Die Sonne soll als schwarzer Körper betrachtet werden. Schätze mithilfe der berechneten emittierten Strahlungsleistung die Temperatur ihrer rund $6 \cdot 10^{18}\,\mathrm{m^2}$ grossen Oberfläche.

Verwende die berechnete Temperatur, um die Wellenlänge mit der grössten Strahlungsintensität zu bestimmen.

Aufgabe 7: (6 Punkte)

Eine quadratische Drahtschlaufe mit einer Seitenlänge von $5\,\text{cm}$ durchläuft mit einer konstanten Geschwindigkeit von $20\,\text{cm/s}$ ein $30\,\text{cm}$ breites homogenes Magnetfeld mit einer magnetischen Flussdichte von $160\,\text{mT}$.



Stelle den magnetischen Fluss und die in der Schlaufe induzierte Spannung als eine Funktion der Zeit schematisch (ungefähr!) graphisch dar.

a) Wie gross ist die maximale induzierte Spannung?

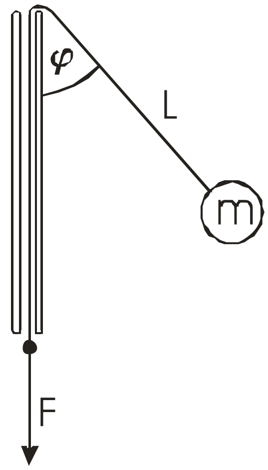
b) In welchem Umlaufsinn würde der Strom in der Schlaufe beim Eintauchen ins Magnetfeld, sowie beim Verlassen des Magnetfelds fliessen?

Aufgabe 8: (6 Punkte)

Das Auflösungsvermögen eines Elektronenmikroskops steigt mit zunehmender Beschleunigungsspannung der Elektronen. Warum ist das so?

Mit welcher Spannung müssen die Elektronen beschleunigt werden, damit sie eine Wellenlänge von $5\,\mathrm{pm}$ haben?

Aufgabe 9: (6 Punkte)



Im Internet findet man Videodemonstrationen von einem „physikalischen Spielzeug" gemäss nebenstehender Skizze. Eine 8g schwere Bleikugel hängt an einem Faden, der durch ein vertikales Rohr gezogen wird. Man erhält so ein Kegelpendel bei dem der Faden die Mantelfläche eines geraden Kreiskegels überstreicht. Der Faden soll als massenlos und die Bleikugel als punktförmig behandelt werden.

Im Zustand A gilt für die Länge L des Fadens und den halben Öffnungswinkel φ des geraden Kreiskegels folgendes: L_A = 30cm und φ_A = 45º. Danach wird langsam am Faden gezogen bis man den Zustand B erreicht hat, bei dem der Bahnradius der Kreisbahn nur noch halb so gross ist wie im Zustand A.

a) Berechne die Winkelgeschwindigkeit der Bleikugel im Zustand A.

b) Um welchen Faktor unterscheidet sich die Winkelgeschwindigkeit der Bleikugel im Zustand B von derjenigen im Zustand A? Bestimme den Faktor ohne ausführliche Berechnungen, aber begründe deine Antwort!

Musterlösungen: ZM PAM 2011

1. a) $n = pV/(RT) = (101'000 \cdot 0.78/(8.31 \cdot 273))\,\text{mol} = \underline{\underline{34.7\,\text{mol}}}$

b) $p = nRT/V = (34.7 \cdot 8.31 \cdot (3900+273))/0.00056)\,\text{Pa} =$
$\underline{\underline{2.15\,\text{GPa}}}$

c) $p_1 V_1^{\varkappa} = p_2 V_2^{\varkappa} \rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\varkappa} = \frac{p_1}{p_2} = 21'504 \rightarrow$

$\frac{V_2}{V_1} = 21'504^{1/1.3} = 2151 \rightarrow V_2 = 2151 \cdot V_1 =$

$2151 \cdot 0.00056\,\text{m}^3 = \underline{\underline{1.2\,\text{m}^3}}$

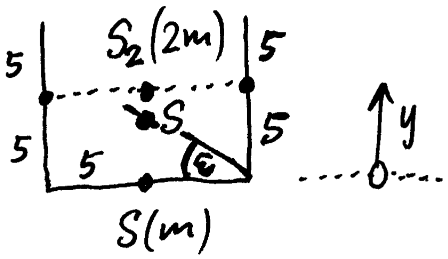
2.) $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_s\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}mr^2 \cdot \left(\frac{v}{r}\right)^2$
$= \frac{1}{2}m\left(v^2 + \frac{2}{5}v^2\right) = \underline{\underline{\frac{7}{10}mv^2}}$

$\frac{mv^2}{R} = mg \rightarrow v^2 = Rg$

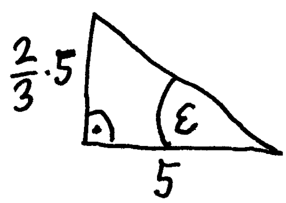
$mgh = \frac{7}{10}mv^2 = \frac{7}{10}mRg \longrightarrow h = \frac{7}{10}R = \underline{\underline{3.5\,\text{cm}}}$

Kräfte
Energie

3.)



$y_S = \frac{m \cdot 0 + 2m \cdot 5}{m+2m} = \frac{2m5}{3m} = \frac{2}{3}5$



$\tan\varepsilon = \frac{\frac{2}{3} \cdot 5}{5} = \frac{2}{3} \rightarrow \varepsilon = \arctan\frac{2}{3} = \underline{\underline{33.7°}}$

4.) Klassisch: $\frac{1}{2} m_e c^2 = U \cdot e \rightarrow U = \frac{m_e c^2}{2e} =$

$$\frac{9.109 \cdot 10^{-31} \cdot (2.998 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}} V = \underline{\underline{256 kV}}$$

Relativistisch: $E_{kin} = U \cdot e = E - E_0 = m_e(\gamma - 1)c^2$

$$= \frac{1}{2} m_e c^2 \rightarrow \gamma = 3/2 = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \rightarrow$$

$$\beta^2 = 5/9 \rightarrow \beta = v/c = \sqrt{5}/3 \rightarrow$$

$$v = \underline{\underline{(\sqrt{5}/3)c = 0.745c}}$$

5.) $L = U/(dI/dt) = (5/(7.5/0.001))H = 0.67 mH$

$$= \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot N^2 \cdot \pi \cdot 0.015^2}{0.15} = N^2 \cdot 5.92 \cdot$$

$$10^{-9} H \rightarrow N = \sqrt{\frac{0.00067}{5.92 \cdot 10^{-9}}} = \underline{\underline{336}}$$

6.) $P = \frac{1.4 kW}{m^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{1.4 kW}{m^2} \cdot 4\pi \cdot (1.5 \cdot 10^{11})^2$

$$= \underline{\underline{4.0 \cdot 10^{26} W}}$$

$$J = \frac{P}{A} = \frac{4 \cdot 10^{26} W}{6 \cdot 10^{18} m^2} = 6.7 \cdot 10^7 W/m^2$$

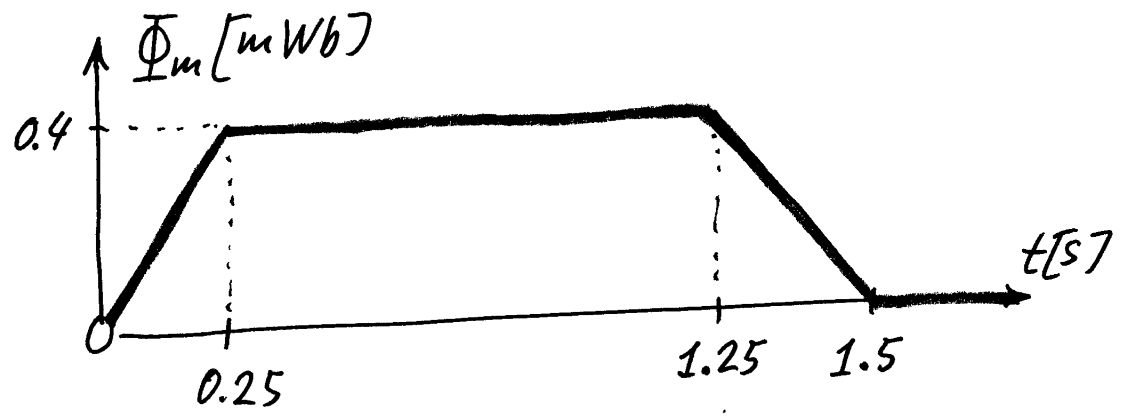
$$= \sigma \cdot T^4 = 5.67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K^4}\right) \cdot T^4 \rightarrow$$

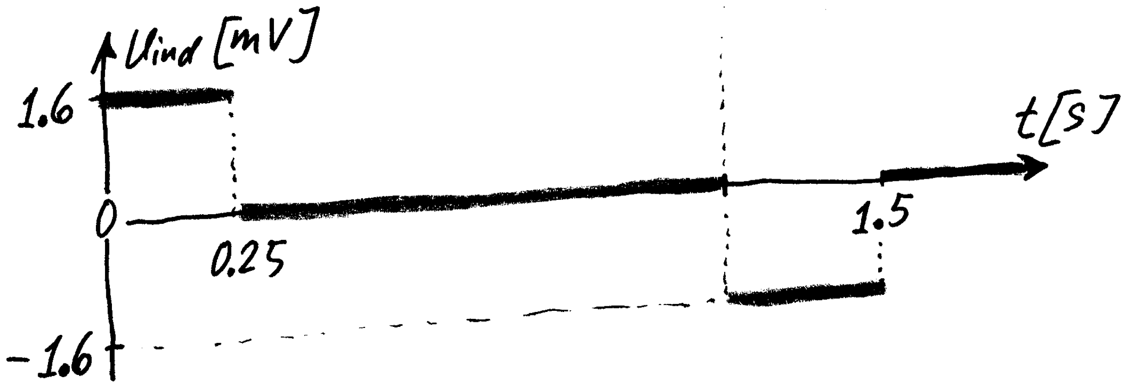
$$T^4 = 1.18 \cdot 10^{15} K^4 \rightarrow T = \underline{\underline{5.86 \cdot 10^3 K}}$$

$$= \underline{\underline{5.58 \cdot 10^3 {}^\circ C}}$$

$$\lambda_{max} = b/T = 2.898 \cdot 10^{-3} m / 5856 = \underline{\underline{495 nm}}$$

7.)





a) $\max(\Phi_m) = s^2 \cdot B = 0.05^2 \cdot 0.16\,\mathrm{Wb} = 0.4\,\mathrm{mWb}$

$U_{ind} = \Delta\Phi_m / \Delta t = (4 \cdot 10^{-4} / 0.25)\,\mathrm{V} = \underline{\underline{1.6\,\mathrm{mV}}}$

b) Im Gegenuhrzeigersinn.

//

8. De Broglie: $e \cdot U = \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{1}{2m} (m_e v)^2 = \frac{p^2}{2m_e} \rightarrow$

$p = \sqrt{2 m_e U \cdot e} = h/\lambda \rightarrow$

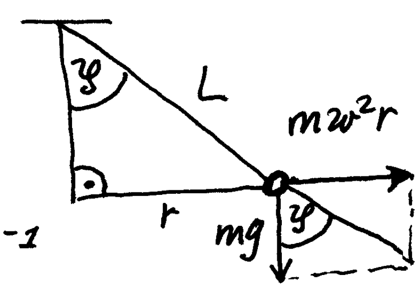
$U = \frac{h^2}{\lambda^2 \cdot 2m_e \cdot e} = \frac{(6.626 \cdot 10^{-34})^2\,\mathrm{V}}{(5 \cdot 10^{-12})^2 \cdot 2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}$

$= \underline{\underline{60.2\,\mathrm{kV}}}$

//

9.) Kräfte: $\tan\varphi = \frac{m\omega^2 r}{mg} = \frac{\omega^2 r}{g}$

$= \frac{\omega^2 L}{g} \cdot \sin\varphi$



a) $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cdot \cos\varphi}} = \sqrt{\frac{10}{0.3 \cdot \cos 45^\circ}}\,\mathrm{s}^{-1}$

$\underline{\underline{\omega = 6.87\,\mathrm{s}^{-1}}}$

b) Es gilt $\underline{\underline{\underline{w_B = 4w_4}}}$

Begründung: Beim Ziehen am Faden wird am Körper kein Drehmoment ausgeübt. Der Drehimpuls bleibt also konstant.

$$J_B w_B = J_A w_A$$

Für die Rotation einer punktförmigen Masse auf einer Kreisbahn mit Radius r gilt $J = mr^2$

Weil $r_B = r_A/2$ gilt

$$J_B = J_A/4$$

$$\rightarrow \quad \frac{J_A}{4} \cdot w_B = J_A \cdot w_A \rightarrow \underline{\underline{w_B = 4w_A}}$$