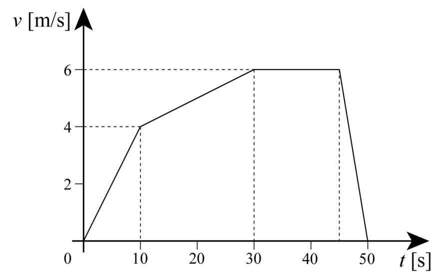
ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole – 1. skupina

1. zadatak (11 bodova)

Tijelo se giba duž x-osi, a ovisnost brzine o vremenu prikazana je na v-t dijagramu. U početnom trenutku tijelo se nalazi u ishodištu koordinatnog sustava.

a) Izračunajte ubrzanje tijela u pojedinim vremenskim intervalima.
b) Izračunajte srednju brzinu i prijeđeni put u pojedinim vremenskim intervalima te ukupan prijeđeni put.
c) Nacrtajte a-t i s-t dijagrame.

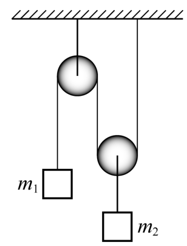


2. zadatak (11 bodova)

Dvije jabuke vise na grani na istoj visini. U nekom trenutku jedna jabuka počne padati, a 0.2 s kasnije počne padati i druga jabuka. U trenutku kada prva jabuka padne na tlo, vertikalna udaljenost između dvije jabuke iznosi 1.6 m. Izračunajte visinu grane sa koje su jabuke pale. Koliko iznosi vertikalana udaljenost jabuka u trenutku kada druga jabuka počne padati?

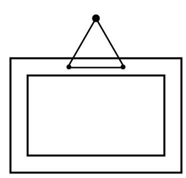
3. zadatak (11 bodova)

Promotrite sustav prikazan na slici. Izračunajte iznos i smjer ubrzanja tijela mase m_1, ako je omjer masa m_1:m_2 jednak 2:1. Mase koloture i užeta su zanemarive, kao i trenje između koloture i užeta.



4. zadatak (8 bodova)

Slika je obješena o čavao pomoću niti. Dijelovi niti međusobno čine kut od 60°. Maksimalno opterećenje, koje može podnijeti nit, iznosi 9 N. Koliko iznosi najveća moguća težina slike koju možemo objesiti pomoću ove niti?



5. zadatak (9 bodova)

Kuglica mase 0.1 kg giba se brzinom 3 cm/s, a kuglica mase 20 g brzinom 6 cm/s. Nakon elastičnog sudara kuglica veće mase giba se brzinom 1 cm/s u istom smjeru kao i prije sudara. Izračunajte iznos i smjer brzine kuglice manje mase poslije sudara, ako su se prije sudara kuglice gibale jedna prema drugoj. Prije i poslije sudara kuglice se gibaju duž istog pravca. Skicirajte položaje i brzine kuglica prije i poslije sudara.

Srednje škole – 1. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (11 bodova)

Označimo pojedine dijelove gibanja tijela sa *a*, *b*, *c*, *d*. Ubrzanje tijela u pojedinim vremenskim intervalima jednako je:

$$a_a = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} = \frac{4\text{ m/s} - 0\text{ m/s}}{10\text{ s} - 0\text{ s}} = 0.4\text{ m/s}^2 \qquad (1)$$

$$a_b = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{6\text{ m/s} - 4\text{ m/s}}{30\text{ s} - 10\text{ s}} = 0.1\text{ m/s}^2 \qquad (1)$$

$$a_c = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2} = \frac{6\text{ m/s} - 6\text{ m/s}}{45\text{ s} - 30\text{ s}} = 0\text{ m/s}^2 \qquad (1)$$

$$a_d = \frac{v_4 - v_3}{t_4 - t_3} = \frac{0\text{ m/s} - 6\text{ m/s}}{50\text{ s} - 45\text{ s}} = -1.2\text{ m/s}^2 \qquad (1)$$

Srednja brzina $\overline{v}$ u određenom vremenskom intervalu jednaka je:

$$\overline{v} = \frac{v_{početna} + v_{konačna}}{2}$$

Prijeđeni put u pojedinim vremenskim intervalima jednak je:

$$s = \overline{v}\Delta t$$

Dobije se:

$$\overline{v}_a = \frac{v_0 + v_1}{2} = \frac{0\text{ m/s} + 4\text{ m/s}}{2} = 2\text{ m/s};\ s_a = \overline{v}_a\left(t_1 - t_0\right) = 20\text{ m} \qquad (1)$$

$$\overline{v}_b = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{4\text{ m/s} + 6\text{ m/s}}{2} = 5\text{ m/s};\ s_b = \overline{v}_b\left(t_2 - t_1\right) = 100\text{ m} \qquad (1)$$

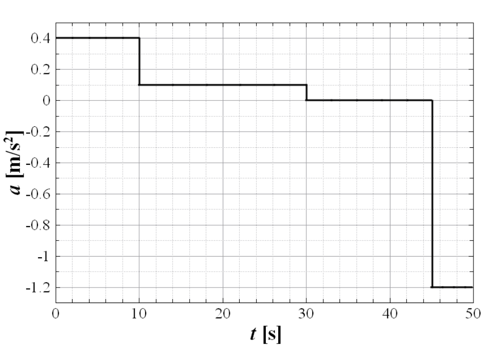
$$\overline{v}_c = 6\text{ m/s};\ s_c = \overline{v}_c\left(t_3 - t_2\right) = 90\text{ m} \qquad (1)$$

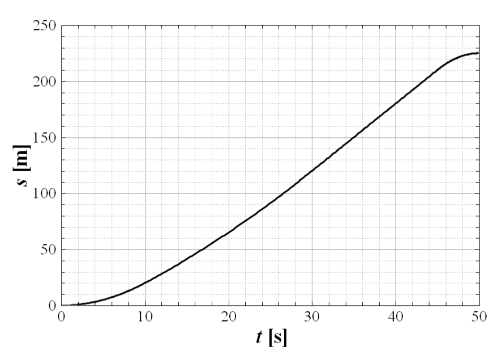
$$\overline{v}_d = \frac{v_3 + v_4}{2} = \frac{6\text{ m/s} + 0\text{ m/s}}{2} = 3\text{ m/s};\ s_d = \overline{v}_d\left(t_4 - t_3\right) = 15\text{ m} \qquad (1)$$

Ukupan prijeđeni put jednak je:

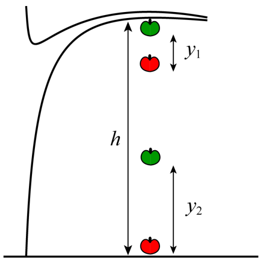
$$s = s_a + s_b + s_c + s_d = 225\text{ m} \qquad (1)$$

a-*t* i *s*-*t* dijagram: (2)





2. zadatak (11 bodova)



(1)

Prva jabuka prijeđe put y_1 u vremenu $t_1 = 0.2$ s te put h u vremenu t_p:

$$y_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 \qquad (1)$$

$$h = \frac{1}{2} g t_p^2 \qquad (1)$$

Druga jabuka prijeđe put $h - y_2$ u vremenu $t_p - t_1$:

$$h - y_2 = \frac{1}{2} g \left(t_p - t_1\right)^2 \qquad (2)$$

Slijedi:

$$h - y_2 = \frac{1}{2} g t_p^2 + \frac{1}{2} g t_1^2 - g t_p t_1$$

Uvrštavanjem druge jednadžbe u prethodnu dobije se:

$$h - y_2 = h + \frac{1}{2} g t_1^2 - g t_p t_1$$

$$t_p = \frac{1}{2} t_1 + \frac{y_2}{g t_1} = 0.916 \text{ s} \qquad (4)$$

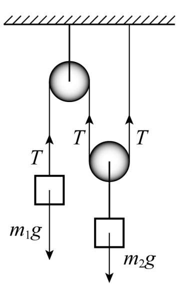
Visina grane jednaka je:

$$h = \frac{1}{2} g t_p^2 = 4.11 \text{ m} \qquad (1)$$

Vertikalna udaljenost jabuka u trenutku kada druga jabuka počne padati jednaka je:

$$y_1 = \frac{1}{2} g t_1^2 = 0.196 \text{ m} \qquad (1)$$

3. zadatak (11 bodova)



(1)

Pretpostavimo sa se tijelo mase m_1 giba prema dolje. Jednadžbe gibanja za tijela su:

$$m_1 a_1 = m_1 g - T \qquad (2)$$

$$m_2 a_2 = 2T - m_2 g \qquad (2)$$

S obzirom da tijelo mase m_1 u istom vremenskom intervalu prelazi dvostruko veći put od tijela mase m_2, ubrzanje tijela mase m_1 je dvostruko veće:

$a_1 = 2a_2$ (1)

Uzimamo u obzir da je $m_1 = 2m_2$; jednadžbe gibanja sada su oblika:

$$ma = mg - T$$

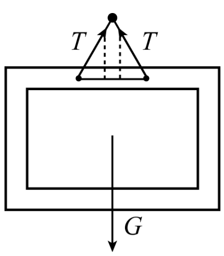
$$\frac{m}{2}\frac{a}{2} = 2T - \frac{m}{2}g$$

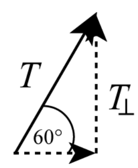
Rješavanjem prethodnog sustava jednadžbi za ubrzanje tijela mase m_1 dobije se:

$a = \frac{2}{3}g = 6.54 \text{ m/s}^2$ (4)

Smjer ubrzanja tijela mase m_1 je prema dolje. (1)

4. zadatak (8 bodova)





(2)

U ravnoteži zbroj svih sila, koje djeluju na tijelo, jednak je nuli:

$G = 2T_\perp$ (2)

Vertikalana komponenta napetosti niti jednaka je:

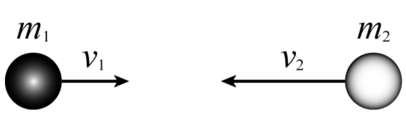
$T_\perp = \frac{\sqrt{3}}{2}T$ (2)

Prema tome, najveća moguća težina slike iznosi:

$G = \sqrt{3}T = 15.6 \text{ N}$ (2)

5. zadatak (9 bodova)

Prije sudara:



(2)

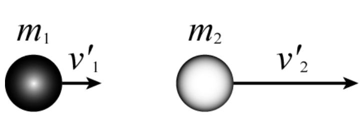
Zakon očuvanja količine gibanja za sudar kuglica glasi:

$m_1v_1 - m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ (2)

Slijedi da je brzina kuglice manje mase poslije sudara jednaka:

$v_2' = \frac{m_1(v_1 - v_1')}{m_2} - v_2 = 4 \text{ cm/s}$ (2)

Poslije sudara:



(2)

Smjer brzine v'_2 jednak je smjeru brzine v'_1 (kao što je prikazano na slici). (1)

ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole – 2. grupa

1. zadatak (10 bodova)

9999 litara vode rano je ujutro (pri temperaturi t_1 = 10 °C) utočeno u cisternu oblika kvadra dimenzija 5m x 2m x 1m (cisterna je s gornje strane otvorena). Ako je tijekom dana temperatura narasla na t_2 = 40 °C, hoće li se dio vode preliti iz cisterne? U slučaju pozitivnog odgovora, navedite koliko! Koeficijent linearne termičke ekspanzije materijala od kojeg je napravljena cisterna je $\alpha_C = 5 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}, a koeficijent volumne termičke ekspanzije vode je $\beta_V = 207 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}. Isparavanje vode zanemarite.

2. zadatak (10 bodova)

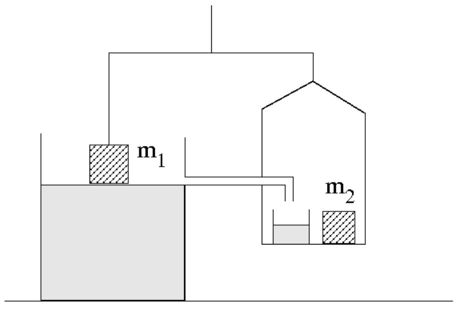
U učionici volumena V = 400 m^3 30 učenika piše test iz fizike. Zbog uloženog napora svaki učenik pri tome razvija toplinu snagom od P = 100 W. Za koliko se zbog ovog efekta podigne temperatura u (zatvorenoj i termički izoliranoj) učionici tijekom pisanja testa (45 min)? Specifični toplinski kapacitet zraka je c = 1020 J kg^{-1} K^{-1}, a njegova gustoća ρ = 1.2 kg/m^3. Prisutnost profesora u ovom zadatku zanemarite.

3. zadatak (10 bodova)

Vatrogasnim se šmrkom treba ugasiti požar na visini h = 5 m. Ako se pumpom u šmrk dovodi 20 l vode svake sekundi, koliko smije biti maksimalan polumjer (kružnog) otvora na kraju šmrka?

4. zadatak (10 bodova)

Na lijevoj strani vage na slici nalazi se uteg mase m_1 = 3 kg i volumena V = 2 dm^3, tik uz površinu vode (koja se nalazi u posudi vrlo velikog volumena, na podlozi). Na desnoj strani vage nalazi se uteg mase m_2 = 1 kg, te čaša s vodom ukupne mase m_3 = 1 kg. Sva voda koja se pojavi zbog porasta razine u posudi koja je ispod m_1, prebacuje se cjevčicom u čašu s vodom na desnoj strani vage. Vaga nije u ravnoteži (jer je $m_1 > m_2+m_3$) i u početnom trenutku miruje jer je blokirana vanjskom silom. Opišite što će se desiti nakon što vanjska sila prestane djelovati. Koliko će vode proteći kroz cjevčicu?



5. zadatak (10 bodova)

Četiri tijela zanemarivih dimenzija fiksirana su u vrhovima kvadrata stranice a = 14 cm i nabijena s (u smjeru kazaljke na satu) q_1 = +0.2 μC, q_2 = +0.1 μC, q_3 = +0.3 μC i q_4 = -0.6 μC. U središte kvadrata dovede se naboj q_5 = -0.1 μC. Koliki je rad potrebno izvršiti za dovođenje tog naboja iz velike udaljenosti do centra kvadrata? Kolika je ukupna sila na q_5 u centru kvadrata?

ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole – 2. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)

Volumen koji može primiti cisterna je $V_{c0} = a_0 b_0 c_0$ i prije ekspanzije iznosi V_{c0} = 10000 l (dakle, 9999 l vode stane u cisternu).

Svaki brid cisterne produljuje se zbog termalne ekspanzije:

$$a = a_0(1 + \alpha_c \cdot \Delta T)$$

$$b = b_0(1 + \alpha_c \cdot \Delta T) \quad \textbf{(2 boda)}$$

$$c = c_0(1 + \alpha_c \cdot \Delta T)$$

Ukupni volumen koji može primiti cisterna zbog toga naraste:

$$V_c = abc = a_0(1 + \alpha_c \cdot \Delta T) b_0 (1 + \alpha_c \cdot \Delta T) c_0 (1 + \alpha_c \cdot \Delta T) = V_{c0}(1 + \alpha_c \cdot \Delta T)^3 \quad \textbf{(2 boda)}$$

$$V_c = 5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot 30)^3 = 10.0045 \text{ m}^3 = 10004.5 \text{ l} \quad \textbf{(1 bod)}$$

Istovremeno, zbog zagrijavanja volumen vode naraste:

$$V_v = V_{v0}(1 + \beta_V \cdot \Delta T) \quad \textbf{(2 boda)}$$

$$V_v = 9999 \cdot (1 + 207 \cdot 10^{-6} \cdot 30) \text{ dm}^3 = 10061 \text{ l} \quad \textbf{(1 bod)}$$

Dakle, nakon ekspanzije voda ima veći volumen od cisterne, pa se dio vode preljeva iz nje:

$$\Delta V = V_v - V_c \approx 10061 - 10005 = 55 \text{ l.} \quad \textbf{(2 boda)}$$

Iz cisterne će se preliti 55 litara vode.

2. zadatak (10 bodova)

30 učenika ukupno razvija toplinu snagom od P_{tot}= 30·100 W= 3000 W **(2 boda).** Unutar školskog sata (45 minuta) ukupno će se razviti Q = 3000 · 45 · 60 J= 8.1·10^6 J **(1 bod).** Ako je učionica dobro zatvorena i termički izolirana, oslobođena toplina utrošit će se za zagrijavanje zraka:

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} \quad \textbf{(2 boda),}$$

gdje je m masa zraka u učionici:

$$m = \rho \cdot V = 1.2 \cdot 400 \text{ kg} = 480 \text{ kg} \quad \textbf{(1 bod).}$$

Uvrštavanjem:

$$\Delta T = \frac{8.1 \cdot 10^6}{480 \cdot 1020} \text{ K} = 16.5 \text{ K} \quad \textbf{(4 boda).}$$

Dakako, u realnoj situaciji veći dio topline bi bio odveden ili utrošen na zagrijavanje zidova pa bi porast temperature bio bitno manji.

3. zadatak (10 bodova)

Da bi voda dosegla visinu od 5 m, iz šmrka ona mora izlaziti brzinom koju računamo preko zakona očuvanja energije:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \quad \textbf{(2 boda)}$$

$$v = \sqrt{2gh} \approx 9.9\ \mathrm{m/s}. \quad \textbf{(2 boda)}$$

Iz jednadžbe kontinuiteta, znamo da je volumen koji pumpa unosi u šmrk jednaka *A·v* **(2 boda)** , gdje je *A* površina otvora na kraju šmrka, a *v* brzina s kojom voda izlazi. Da bi brzina bila najmanje v = 9.9 m/s, otvor mora biti manji od:

$$A = \frac{V(unos)}{1s \cdot v} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 9.9}\ \mathrm{m}^2 = 0.00202\ \mathrm{m}^2 \quad \textbf{(2 boda)}$$

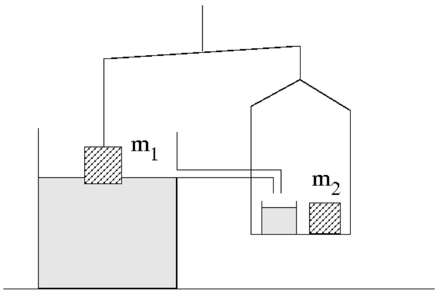
Ako je otvor kružnog oblika, polumjer mu mora biti manji od:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.00202}{\pi}}\ \mathrm{m} = 0.0254\ \mathrm{m} = 2.54\ \mathrm{cm} \quad \textbf{(2 boda)}$$

Ako je otvor veći, voda će iz šmrka izlaziti brzinom manjom od 9.9 m/s i neće dosizati potrebnu visinu.

4. zadatak (10 bodova)

Budući je lijeva strana teža od desne, masa *m₁* će uroniti u vodu za neki volumen ΔV **(1 bod)**.



Dva efekta će tada dovesti do uravnotežavanja vage: a) sila uzgona ($\rho_V g \Delta V$) smanjit će „efektivnu težinu“ tijela mase m_1 **(2 boda);** b) dio vode prelit će se s lijeve na desnu stranu i teme povećati težinu na desnoj strani. Pogledajmo situaciju kada je vaga uravnotežena **(2 boda)**; tada vrijedi:

$$m_1 g - \rho_V g \Delta V = m_2 g + m_3 g + \rho_V g \Delta V \quad \textbf{(2 boda)}$$

jer je volumen kojim je tijelo m_1 uronjeno u vodu jednak volumenu koji je istisnut kroz cjevčicu i prebačen na desnu stranu vage (Arhimedov princip) - **(1 bod)**. Iz toga direktno dobivamo:

$$\Delta V = \frac{m_1 g - m_2 g - m_3 g}{2\rho_V g} = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{2\rho_V} = \frac{3-1-1}{2 \cdot 1000} = 0.0005\ \mathrm{m}^3 = 0.5\,\mathrm{l} \quad \textbf{(2 boda)}$$

5. zadatak (10 bodova)

Središte kvadrata je od njegovih vrhova udaljeno za $r = a/\sqrt{2} = 9.9$ cm.

Rad koji je potrebno izvršiti za dovođenje naboja q_5 iz beskonačnosti do udaljenosti r od naboja q_1 dan je s:

$$W_{15} = k\frac{q_1 q_5}{r} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{0.2\cdot 10^{-6}\cdot(-0.1)\cdot 10^{-6}}{0.099}\ \mathrm{J} = -1.8\cdot 10^{-3}\ \mathrm{J}$$

Analogno:

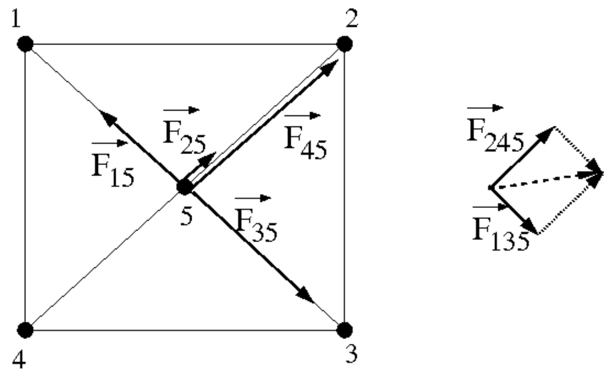
$$W_{25} = k\frac{q_2 q_5}{r} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{0.1\cdot 10^{-6}\cdot(-0.1)\cdot 10^{-6}}{0.099}\ \mathrm{J} = -0.9\cdot 10^{-3}\ \mathrm{J}$$

$$W_{35} = k\frac{q_3 q_5}{r} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{0.3\cdot 10^{-6}\cdot(-0.1)\cdot 10^{-6}}{0.099}\ \mathrm{J} = -2.7\cdot 10^{-3}\ \mathrm{J}$$

$$W_{45} = k\frac{q_4 q_5}{r} = 9\cdot 10^9 \cdot \frac{(-0.6)\cdot 10^{-6}\cdot(-0.1)\cdot 10^{-6}}{0.099}\ \mathrm{J} = 5.4\cdot 10^{-3}\ \mathrm{J}$$ **(2 boda)**

pa je ukupan rad:

$$W_{tot} = W_{15} + W_{25} + W_{35} + W_{45} = 0\ \mathrm{J}$$ **(2 boda)**



Sile na naboj q_5 kad je isti u središtu kvadrata dane su s izrazom:

$$F_{i5} = k\frac{q_i q_5}{r^2}$$ **(1 bod)**

Dobiva se: F_{15}= -0.0184 N, F_{25}= -0.0092 N, F_{35}= -0.0275 N i F_{45}= 0.0551 N **(1 bod)**. Sile F_{15} i F_{35} su na pravcu i njihova je rezultanta jednaka: F_{135}= F_{15}- F_{35}= 0.0092 N **(1 bod)**; sile F_{25} i F_{45} su na okomitom pravcu pa vrijedi: F_{245}= F_{25}- F_{45}= -0.0643 N **(1 bod)**. Upotrebom Pitagorinog teorema za iznos ukupne sile dobiva se:

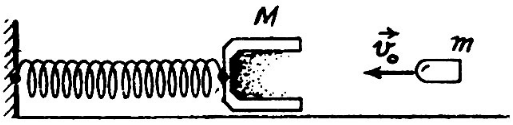
$$F_{tot} = \sqrt{F_{135}^2 + F_{245}^2} = 0.0650\ \mathrm{N}$$ **(2 boda)**

ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole – 3. skupina

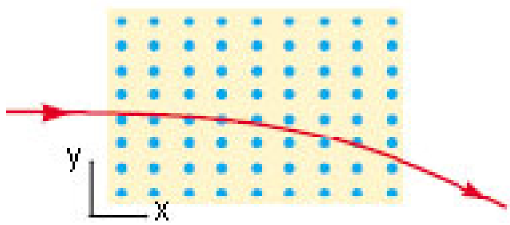
1. zadatak (10 bodova)

Na glatkoj površini nalazi se tijelo mase M koje je povezano za oprugu konstante k. U tijelo, dok je u stanju mirovanja, udari metak mase m, koji se giba brzinom v_0 u horizontalnom smjeru. Udar metka u tijelo je takav da se metak u njemu zaglavi. Koliki su amplituda i period oscilacija tijela (s metkom)?



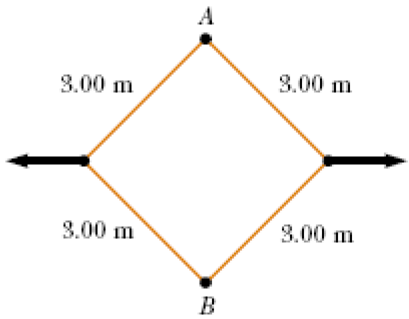
2. zadatak (10 bodova)

Protoni kinetičke energije 5 MeV gibaju se u pozitivnom smjeru x i ulaze u magnetsko polje $\vec{B} = 0.05\ \vec{k}$ [T] usmjereno iz papira i koje se nalazi u području od $x = 0$ do $x = 1$ m, kao što je prikazano na slici. a) Izračunajte y komponentu količine gibanja protona u trenutku kada napuštaju magnetsko polje. b) Izračunajte kut α između početnog vektora brzine protona i vektora brzine nakon što protoni napuštaju polje. Zanemarite relativističke efekte. (1 eV = 1.6×10^{-19} J, masa protona je 1.67×10^{-27} kg, naboj je 1.6×10^{-19} C, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m).



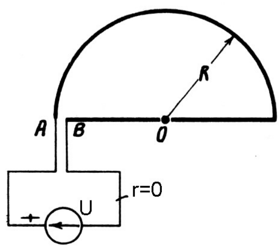
3. zadatak (10 bodova)

Petlja početnog kvadratičnog oblika (slika) sastavljena je od žica ukupnog otpora 10 Ω. Smještena je u homogeno magnetsko polje 0.1 T koje je usmjereno okomito u ravninu papira. Petlja se zatim rasteže kao što je prikazano na slici sve dok razmak između točaka A i B ne bude 3 m. Ukoliko taj proces traje 0.1 s, kolika je prosječna električna struja koja se generira u petlji? Koji je smjer električne struje?



4. zadatak (10 bodova)

Polukružni okvir napravljen je od bakrenog vodiča (električne otpornosti 1.7×10^{-8} Ω·m), površine poprečnog presjeka 4 mm^2 (slika). Polumjer savijenog dijela okvira je 1 m. Krajevi okvira A i B spojeni su na izvor napona 6 V i zanemarivog unutarnjeg otpora. Kolika magnetska sila djeluje na jediničnu dužinu okvira u točki O za vrijeme protjecanja električne struje kroz njega? Okvir se nalazi u zraku.



5. zadatak (10 bodova)

Maleni turistički brod pristao je pored mola i izvodi jednostavno harmonijsko gibanje (gore-dolje) zbog valova. Amplituda gibanja je 0.2 m, a period je 3 s. Mol se nalazi u razini maksimalne visine koju dostiže paluba broda. Ljudi moraju sići s palube na mol, ali to mogu napraviti jedino kada je razlika visina mola i palube manja od 0.1 m. Koliko vremena ljudi imaju za silaženje s broda za vrijeme jednog perioda jednostavnog harmonijskog gibanja?

ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole – 3. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)
U početnom trenutku gibanja sustava (neposredno nakon sudara tijela i metka) energija sustava je:

$$E_1 = E_t + E_0 + E_m,$$ **[1 bod]**

gdje je E_t – energija tijela, E_0 – energija opruge i E_m – energija metka.
Budući da je u početnom trenutku $E_0 = 0$, to je

$$E_1 = \frac{(m+M)v_1^2}{2},$$ **[2 boda]**

gdje je v_1 – brzina tijela i metka neposredno poslije sudara. Prema zakonu očuvanja količine gibanja vrijedi $mv_0 = (m+M)v_1$,

odakle je $v_1 = v_0 \frac{m}{m+M}$, pa je **[1 bod]**

$$E_1 = \frac{m^2 v_0^2}{2(m+M)}.$$ **[1 bod]**

U trenutku kada je otklon tijela s metkom najveći, energija sustava je

$$E_2 = \frac{kx_0^2}{2}.$$ **[1 bod]**

Prema zakonu očuvanja energije vrijedi $E_1 = E_2$, iz čega proizlazi: **[1 bod]**

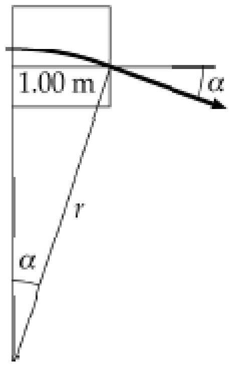
$$x_0 = \frac{mv_0}{\sqrt{k(m+M)}} -$$ **[1 bod]**

Period osciliranja sustava je $T = 2\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$. **[2 boda]**

2. zadatak (10 bodova)
Magnetska sila na svaki proton, $\vec{F}_B = q\vec{v}\times\vec{B} = qvB\sin 90^\circ$, usmjerena prema dolje, okomito na brzinu, izaziva centripetalno ubrzanje, koja tjera protone da se gibaju po kružnoj putanji radijusa r, s **[1 bod]**

$$qvB = \frac{mv^2}{r},$$ **[1 bod]**

odnosno, $r = \frac{mv}{qB}$. **[1 bos]**



Skica [1 bod]

Polumjer možemo izračunati iz brzine protona:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 .$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2\left(5\times10^6\ \mathrm{eV}\right)\left(1.6\times10^{-19}\ \mathrm{J/eV}\right)}{1.67\times10^{-27}\,\mathrm{kg}}} = 3\times10^7\ \mathrm{m/s}\ .$$ **[1 bod]**

Time dolazimo do $r = \frac{mv}{qB} = \frac{\left(1.67\times10^{-27}\,\mathrm{kg}\right)\left(3.10\times10^7\ \mathrm{m/s}\right)}{\left(1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}\right)\left(0.05\,\mathrm{N\times s/C\times m}\right)} = 6.46\,\mathrm{m}$. **[1 bod]**

b) Sa slike je očito da je $\sin\alpha = \frac{1\,\mathrm{m}}{r} = \frac{1\,\mathrm{m}}{6.46\,\mathrm{m}}$. **[1 bod]**

Odnosno, $\alpha = 8.9°$. **[1 bod]**

c) Iznos količine gibanja protona ne mijenja se, a njegova y komponenta je

$$-\left(1.67\times10^{-27}\,\mathrm{kg}\right)\left(3.10\times10^7\ \mathrm{m/s}\right)\sin 8.9° = -8\times10^{-21}\ \mathrm{kg\times m/s}\ .$$ **[2 boda]**

3. zadatak (10 bodova)

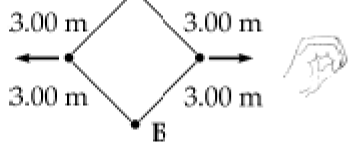
Inducirani napon jednak je $\varepsilon = -N\frac{\Delta\left(BA\cos\theta\right)}{\Delta t} = -NB\cos\theta\left(\frac{\Delta A}{\Delta t}\right)$, **[3 boda]**

odnosno, $\varepsilon = -1\left(0.1\,\mathrm{T}\right)\cos 0°\frac{\left(3\,\mathrm{m}\times3\,\mathrm{m}\sin 60°\right)-\left(3\,\mathrm{m}\right)^2}{0.1\,s} = 1.21\,\mathrm{V}$. **[3 boda]**

Električnu struju dobijemo iz $I = \frac{1.21\,\mathrm{V}}{10\,\Omega} = 0.121\,\mathrm{A}$. **[2 boda]**

Magnetski tok usmjeren je u list papira i smanjuje se. Petlja stvara vlastito magnetsko polje usmjereno u list papira tako što je električna struja usmjerena **u smjeru** kazaljke na satu.

[2 boda]



4. zadatak (10 bodova)

Magnetna indukcija okvira u točki *O* je $B = \frac{B_0}{2} = \mu_0 \frac{I}{4R}$. **[4 boda]**

Za struju kroz vodič vrijedi $I = \frac{U}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{US}{(\pi + 2)\rho R}$, **[3 boda]**

pa je intenzitet Amperove sile po jediničnoj dužini okvira

$$F_l = \frac{F}{l} = IB = \mu_0 \frac{I^2}{4R} = \frac{\mu_0}{4R}\left[\frac{US}{(\pi+2)\rho R}\right]^2 = 23\ \mathrm{mN/m}.$$ **[3 boda]**

5. zadatak (10 bodova)

Pretpostavimo da je gibanje broda opisano s:

$$y = A\cos(\omega t + \varphi),\ \varphi = 0.$$ **[2 boda]**

Tražimo trenutke u kojima je y = A (0.2 m), i y = 0.1 m (jer jedino u tom intervalu putnici mogu sići s palube). **[2 boda]**

Očito, $y = A$ u $t = 0$ s. **[1 bod]**

Drugi trenutak određujemo iz jednadžbe:

$$0.1 = 0.2\cos\left(\frac{2\pi t}{3}\right).$$ **[2 boda]**

Iz toga dobivamo t = 0.5 s, te je interval $\Delta t = 0.5$ s. **[1 bod]**

Da bismo dobili ukupni vremenski interval u kojem ljudi mogu sići u jednom periodu, ovaj interval potrebno je pomnožiti s dva, jer će se u jednom periodu brod dva puta naći u području od 0.1 m do 0.2 m (pri podizanju i pri spuštanju). Odnosno, ukupno vrijeme unutar jednog perioda u kojem ljudi mogu sići s broda je 1 s. **[2 boda]**

ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole – 4. skupina

1. zadatak (10 bodova)

Čovjek visine 170cm ima oči 120mm niže od vrha glave. On želi na zid objesiti zrcalo najmanje visine u kojem će se cijeli moći vidjeti.
Koliko visoko od poda treba biti donji rub zrcala i koliko gornji rub da bi u njemu čovjek sam sebe vidio u cijelosti?
Ovisi li potrebna veličina zrcala o udaljenosti čovjeka od zrcala?

2. zadatak (10 bodova)

Promjer Mjeseca iznosi $3{,}48\cdot10^6$ m, a njegova udaljenost od Zemlje je $384\cdot10^6$ m. Koliki je promjer Mjesečeve slike dobivene konkavnim zrcalom polumjera 415mm smještenim na Zemlji? Odaberite tri riječi za opis slike od sljedećih šest: realna, imaginarna, uspravna, obrnuta, uvećana, umanjena.

3. zadatak (10 bodova)

Kroz viseću zavjesu od tkanine promatraš jednu uličnu svjetiljku horizontalno u daljini. Pored intenzivne točke koju vidiš ravno naprijed pojavljuju se još četiri točke: lijevo, desno, ispod i iznad središnje, koje su znatno slabijeg intenziteta nego središnja točka. Kutna udaljenost lijeve točke od središnje točke i desne od središnje je 0,5°, a kutna udaljenost gornje od središnje i donje od središnje iznosi 1°. Koliki je razmak među susjednim horizontalnim nitima u zavjesi, a koliki među susjednim vertikalnim nitima? Uzmi da je svjetlost žute boje čija je valna duljina 600nm. Vidiš li još nešto osim navedenog?

4. zadatak (10 bodova)

Ako želiš otputovati do zvijezde udaljene 100 svjetlosnih godina tako da ti to putovanje traje 50 godina, kolikom brzinom mora tvoj svemirski brod letjeti?

5. zadatak (10 bodova)

Energije dopuštenih stanja elektrona u ionu Be^{3+} čiji je atomski broj 4 dane su izrazom E_n=-218eV/n^2, gdje je n=1,2,3,....
Iz kojeg stanja najniže energije se ultraljubičastim zračenjem valne duljine 100nm može izbaciti elektron iz iona te kolika je kinetička energija i brzina elektrona nakon izbacivanja?
Zbog čega je izraz za spektar dopuštenih energija ovog iona sličan onom kod vodikova atoma?
Kolika je energija ionizacije za Be^{3+} ion i usporedite je s energijom ionizacije vodikova atoma te navedite razlog tolikoj razlici?
Planckova konstanta je h=$6{,}626\cdot10^{-34}$Js, brzina svjetlosti c=$3\cdot10^8$m/s, masa elektrona m_e=$9{,}11\cdot10^{-31}$kg i elementarni naboj e=$1{,}6\cdot10^{-19}$C.

ŠKOLSKO/OPĆINSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 2.2.2009.

Srednje škole - 4. skupina
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (10 bodova)

Zraka se od zrcala odbija pod kutom pod kojim i upada. **(1bod)**
Da bi čovjek vidio svoju najvišu točku, zraka s vrha glave mora se odbiti od zrcala u oko. Budući da je zrcalo vertikalno, točka odbijanja mora biti na polovici visine između visine oka i visine vrha glave, to jest na 164cm visoko od poda. **(3boda)**
Da bi čovjek vidio svoje nožne prste, iz istih razloga točka odbijanja na zrcalu mora biti na polovici visine između visine oka i poda, to jest na 79cm visoko od poda. **(2boda)**
Stoga se zrcalo mora prostirati od visine 79cm do visine 164cm, mjereno od poda, što znači da mu je vertikalna dimenzija barem 85cm. **(2boda)**
Veličina zrcala ne ovisi o udaljenosti čovjeka od zrcala, jer zraka svjetlosti se uvijek odbija pod kutom pod kojim i upada. **(2boda)**
(Za samu skicu opisanoga može se dobiti do **(3boda)**)

2. zadatak (10 bodova)

Jednadžba konkavnog zrcala glasi $\frac{1}{x}+\frac{1}{x'}=\frac{1}{f}=\frac{2}{R}$. **(2boda)**
Iz poznate udaljenosti Mjeseca (predmeta) od zrcala x=3,84·10^{8}m/s i polumjera zrcala R=0,415m, dobije se udaljenost slike Mjeseca od zrcala x'=0,2075m (gotovo u žarištu zrcala). **(2boda)**
Omjer veličine slike i predmeta dan je jednadžbom $\frac{y'}{y}=\frac{x'}{x}$ **(1boda)**
iz čega slijedi y'=1,88mm. **(2boda)**
Slika je realna, obrnuta i umanjena. **(1bod)**
Skica donosi **(2 boda)**.

3. zadatak (10 bodova)

Pri prolasku svjetlosti kroz jednoliko razmaknute niti dolazi do difrakcije. Osim središnjeg maksimuma nastaju i maksimumi u pravcu odmaknutom od središnjeg za kut θ koji je za prvi maksimum određen jednadžbom $d\sin\theta=\lambda$, gdje je d ramak među susjednim nitima. **(2boda)**
Horizontalne niti daju difrakcijske maksimume u vertikalnom smjeru pa je razmak među horizontalnim nitima $d_v=\lambda/\sin\theta v=\lambda/\sin 1°$=34,4μm, to jest ima ih 29 po milimetru. **(3boda)**
Vertikalne niti daju difrakcijske maksimume u horizontalnom smjeru pa je razmak među vertikalnim nitima $d_v=\lambda/\sin\theta v=\lambda/\sin 0{,}5°$=68,8μm, to jest ima ih 14,5 po milimetru. **(3boda)**
Vide se eventualno i sljedeći maksimumi pod kutovima danim jednadžbom $d_{h,v}\sin\theta_{h,v}=k\lambda$, koji su dosta slabiji od onih za k=1. **(2boda)**

4. zadatak (10 bodova)

Zbog relativnog gibanja putnik vidi skraćeni put $d' = d\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ **(2boda)**

Taj put će prijeći u vlastitom vremenu t takvom da je $d'=v\cdot t$. **(2boda)**
Budući da je d=100 svj.god.=100god.$\cdot c$ i t=50god., to je $v\cdot t/d=v/2c$. **(2boda)**
Iz svega navedenog slijedi $v=(4/5)^{1/2}c=0,894c$. **(4boda)**
Jednako rješenje dobije se polazeći od dilatacije vremena.

5. zadatak (10 bodova)

Energija fotona valne duljine λ=100nm iznosi $E_f=hc/\lambda$=12,42eV **(1bod)**
Dopuštene energije elektrona u Be^{3+} ionu redom iznose: E_1=-218eV, E_2=-54,5eV, E_3=-24,2eV, E_4=-13,6eV, E_5=-8,72eV, ... **(1bod)**
Navedeni foton može iz atoma izbaciti elektron tek iz stanja n=5 da bi energija nakon izbacivanja bila pozitivna, t.j. elektron nevezan za jezgru. **(1bod)**
Zakon očuvanja energije daje $E_5+E_f=E_k$=3,7eV=$5,92\cdot10^{-19}$J. **(2boda)**
Brzina elektrona tolike kinetičke energije jest $v=(2K/m_e)^{1/2}=1,14\cdot10^6$m/s. **(1bod)**
Ion Be^{3+} ima samo jedan elektron pa mu je spektar sličan onom kod vodikova atoma. **(2boda)**
Energija ionizacije Be^{3+} iona iznosi 218eV, što je mnogo veće (16 puta) nego za vodikov atom, jer jezgra naboja 4e ovdje mnogo jače privlači elektron. **(2boda)**