ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.

Srednje škole – 1. skupina

Zadatak 1 (10 bodova)

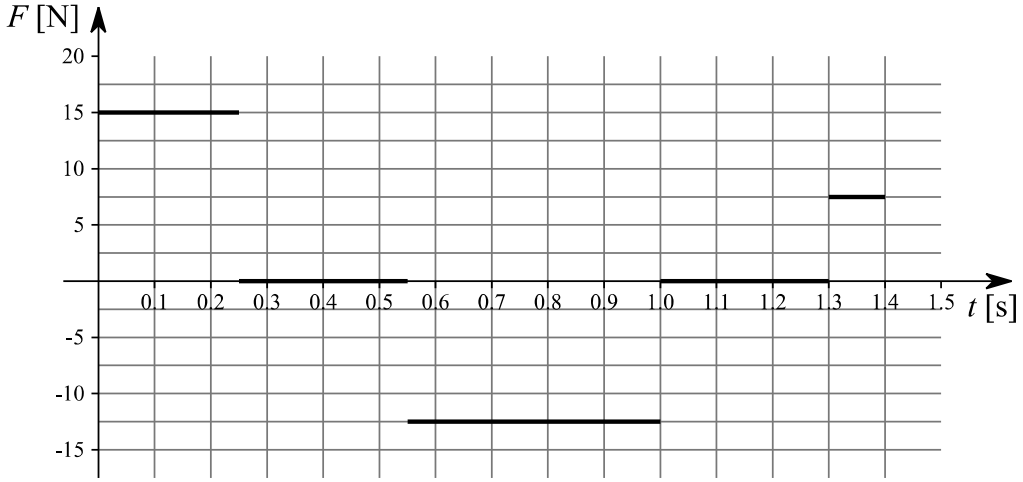
Vlak se sastoji od lokomotive i 12 vagona. Duljina lokomotive je 16 m, a duljina jednog vagona je 24 m. Vlak polazi sa stanice iz mirovanja i giba se jednoliko ubrzano. Tunel se nalazi na udaljenosti 1.32 km od prednjeg kraja lokomotive u početnom položaju. Duljina tunela je 876 m. Od trenutka ulaska do trenutka izlaska zadnjeg vagona iz tunela prođe 22.5 s.

a) Izračunajte ubrzanje vlaka.
b) Izračunajte brzinu vlaka u trenutku izlaska zadnjeg vagona iz tunela.

Zadatak 2 (10 bodova)

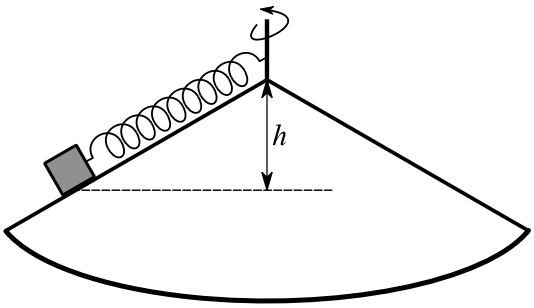
Hokejska pločica mase 150 g u početnom trenutku (t = 0) miruje na sredini hokejaškog igrališta. Širina igrališta je 30 m. Hokejaš pomoću palice djeluje silom na pločicu kako je prikazano na grafu. Pločica se giba po pravcu koji je paralelan širini igrališta, a sila na pločicu djeluje duž istog pravca. Pozitivan smjer gibanja pločice je udesno.

a) Izračunajte iznos i smjer konačne brzine pločice (u trenutku t = 1.5 s).
b) Nacrtajte graf ovisnosti brzine pločice o vremenu.
c) U kojem trenutku se pločica nalazi na minimalnoj udaljenosti od desnog ruba igrališta? Koliko iznosi ta udaljenost?



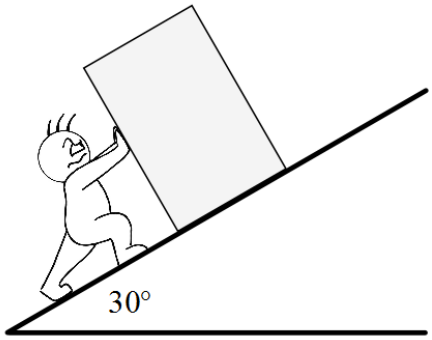
Zadatak 3 (10 bodova)

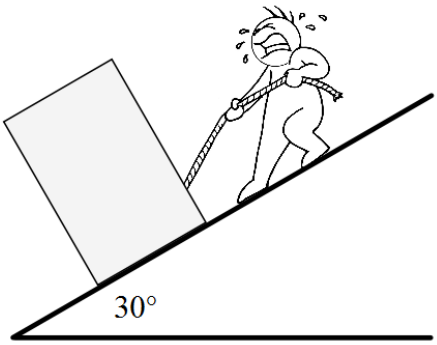
Kocka mase m pričvršćena je za oprugu konstante elastičnosti 50 N/m čiji je drugi kraj pričvršćen za osovinu koja prolazi vrhom stošca vršnog kuta 120°. Kocka rotira po plaštu stošca frekvencijom 100 okreta u minuti na stalnoj visini od vrha stošca h = 25 cm. Duljina nerastegnute opruge je 5 cm. Trenje između kocke i plašta stošca je zanemarivo. Izračunajte masu kocke.



Zadatak 4 (10 bodova)

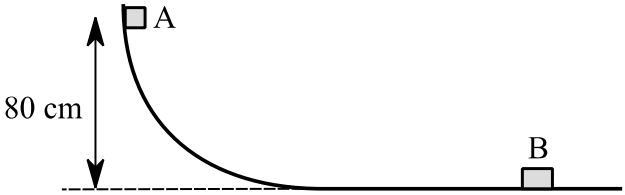
Ormar treba premjestiti s dna do vrha kosine. U prvom slučaju čovjek gura ormar stalnom silom koja djeluje na ormar u smjeru paralelnom kosini, a u drugom slučaju čovjek vuče ormar stalnom silom koja djeluje na ormar pod kutem 30° u odnosu na kosinu. U oba slučaja ormar se giba uz kosinu stalnom brzinom. Koeficijent trenja između ormara i kosine je 0.1. Izračunajte omjer sile kojom čovjek gura ormar i sile kojom čovjek vuče ormar.





Zadatak 5 (10 bodova)

Kvadar A mase 200 g pustimo iz stanja mirovanja iz položaja prikazanog na slici. Kvadar B mase 600 g giba se ulijevo brzinom 1 m/s. Kvadri se elastično sudare na horizontalnoj podlozi. Trenje između kvadara i podloge je zanemarivo. Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$.

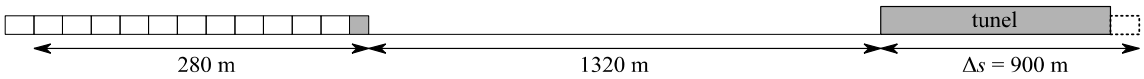


a) Hoće li se kvadar A nakon sudara gibati u suprotnom smjeru od početnog? Ako da, izračunajte na koju će maksimalnu visinu doći na zakrivljenom dijelu podloge.
b) Izračunajte iznos i smjer brzine kvadra B nakon sudara.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2011/2012 – 29. veljače 2012.
Srednje škole – 1. skupina

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)



Skica: **1 bod**

Zadnji vagon vlaka od početka gibanja do početka tunela prijeđe put $s_1 = 11 \cdot 24\,\text{m} + 16\,\text{m} + 1320\,\text{m} = 1600\,\text{m}$ u vremenu t_1:

$s_1 = \frac{1}{2} a t_1^2$ (**1 bod**)

Zadnji vagon od početka gibanja do izlaska iz tunela prijeđe put $s_2 = s_1 + 876\,\text{m} + 24\,\text{m} = 2500\,\text{m}$ u vremenu t_2:

$s_2 = \frac{1}{2} a t_2^2$ (**1 bod**)

$t_2 - t_1 = 22.5\,\text{s}$ (**1 bod**)

$$s_2 - s_1 = \Delta s = \frac{1}{2} a \left(t_2^2 - t_1^2\right)$$

$$\Delta s = \frac{1}{2} a (t_2 - t_1)(t_2 + t_1) = \frac{1}{2} a \Delta t (t_1 + \Delta t + t_1) = \frac{1}{2} \frac{2 s_1}{t_1^2} \Delta t (2 t_1 + \Delta t) = \frac{s_1}{t_1^2} \Delta t (2 t_1 + \Delta t)$$

$$\Delta s t_1^2 - 2 s_1 \Delta t t_1 - s_1 (\Delta t)^2 = 0$$

$$900 t_1^2 - 72000 t_1 - 810000 = 0$$

$$t_1^2 - 80 t_1 - 900 = 0$$

$$(t_1 - 90)(t_1 + 10) = 0$$

Rješavanje sustava jednadžbi: **3 boda**

Slijedi da je vrijeme $t_1 = 90\,\text{s} = 1.5\,\text{min}$. (**1 bod**)

Ubrzanje vlaka dobijemo iz prve jednadžbe:

$a = \frac{2 s_1}{t_1^2} = 0.395\,\text{m/s}^2$ (**1 bod**)

Brzina vlaka u trenutku izlaska zadnjeg vagona iz tunela je:

$v_2 = a t_2 = 44.4\,\text{m/s} = 160\,\text{km/h}$ (**1 bod**)

Zadatak 2 (10 bodova)

Brzina pločice u trenutku 0.25 s je:

$$m v_1 = F_1 \Delta t_1 \;\Rightarrow\; v_1 = \frac{F_1 \Delta t_1}{m} = \frac{(15\,\text{N}) \cdot (0.25\,\text{s})}{0.15\,\text{kg}} = 25\,\text{m/s}$$ (**1 bod**)

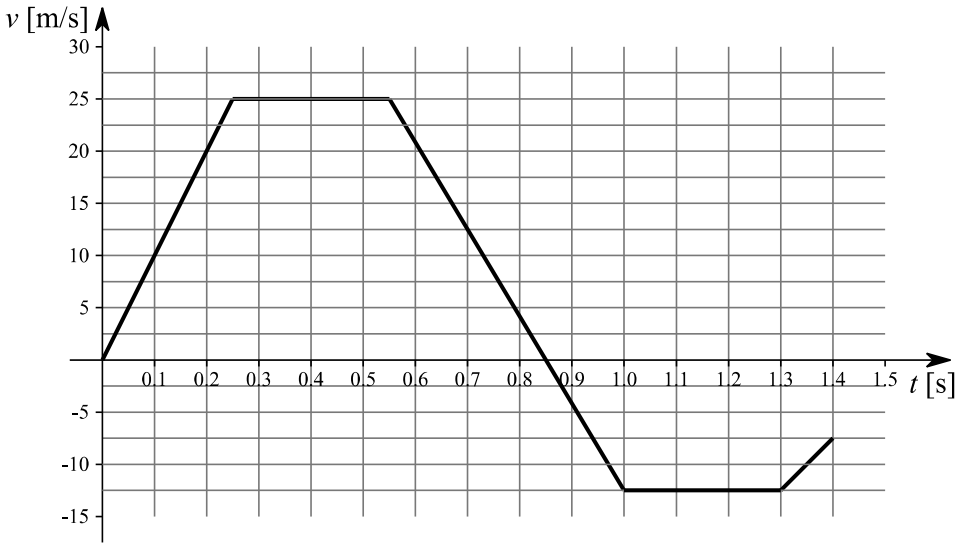
Sljedeće 0.3 s pločica se giba jednoliko brzinom 25 m/s. U trenutku 1 s brzina pločice je:

$$m v_2 = m v_1 + F_2 \Delta t_2 \;\Rightarrow\; v_2 = v_1 + \frac{F_2 \Delta t_2}{m} = 25\,\text{m/s} + \frac{(-12.5\,\text{N}) \cdot (0.45\,\text{s})}{0.15\,\text{kg}} = -12.5\,\text{m/s}$$ (**1 bod**)

Sljedeće 0.3 s pločica se giba jednoliko brzinom 12.5 m/s u suprotnom smjeru od početnog.
Brzina pločice u trenutku 1.4 s je:

$$m v_3 = m v_2 + F_3 \Delta t_3 \;\Rightarrow\; v_3 = v_2 + \frac{F_3 \Delta t_3}{m} = -12.5\,\text{m/s} + \frac{(7.5\,\text{N}) \cdot (0.1\,\text{s})}{0.15\,\text{kg}} = -7.5\,\text{m/s}$$ (**1 bod**)

Konačna brzina pločice je 7.5 m/s ulijevo.
Graf ovisnosti brzine o vremenu je (**2 boda**):



Pločica se do trenutka 0.85 s giba udesno, a nakon toga mijenja smijer gibanja. Prema tome, na minimalnoj udaljenosti od desnog ruba igrališta nalazi se u t = 0.85 s. (**1 bod**)
Prijeđeni put do t = 0.85 s jednak je površini ispod grafa:

0 – 0.25 s: $\frac{(0.25\,\text{s})\cdot(25\,\text{m/s})}{2} = 3.125\,\text{m}$ (**1 bod**)

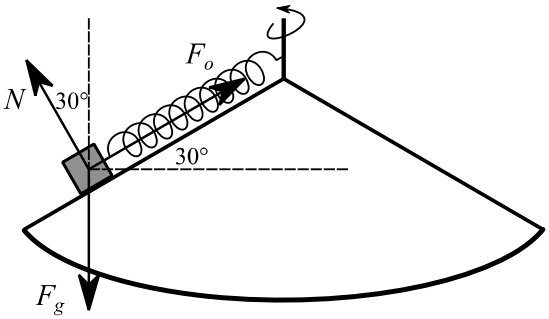
0.25 – 0.55 s: $(0.3\,\text{s})\cdot(25\,\text{m/s}) = 7.5\,\text{m}$ (**1 bod**)

0.55 – 0.85 s: $\frac{(0.3\,\text{s})\cdot(25\,\text{m/s})}{2} = 3.75\,\text{m}$ (**1 bod**)

Ukupni prijeđeni put je 3.125 m + 7.5 m + 3.75 m = 14.375 m, a minimalna udaljenost od desnog ruba igrališta je $15\,\text{m} - 14.375\,\text{m} = 0.625\,\text{m} = 62.5\,\text{cm}$ (**1 bod**).

Zadatak 3 (10 bodova)

Na kocku djeluje gravitacijska sila Zemlje, sila opruge i reakcija podloge. Zbroj svih sila jednak je centripetalnoj sili.



Dijagram sila: **1 bod**
Primjenom 2. Newtonovog zakona dobivamo jednadžbe:

$F_{cp} = \frac{\sqrt{3}}{2}F_o - \frac{1}{2}N$ (**1 bod**)

$\frac{1}{2}F_o + \frac{\sqrt{3}}{2}N = mg$ (**1 bod**)

Iz druge jednadžbe slijedi:

$N = \frac{2}{\sqrt{3}} mg - \frac{1}{\sqrt{3}} F_o$

Uvrštavanjem u prvu jednadžbu dobije se:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} F_o - \frac{1}{\sqrt{3}} mg + \frac{1}{2\sqrt{3}} F_o$$

$$m\left(\frac{\sqrt{3}v^2}{r} + g\right) = 2F_o \quad \Rightarrow \quad m = \frac{2F_o}{\frac{\sqrt{3}v^2}{r} + g} \quad (\textbf{2 boda})$$

Sila opruge je $F_o = k(l - l_0)$ (**1 bod**).

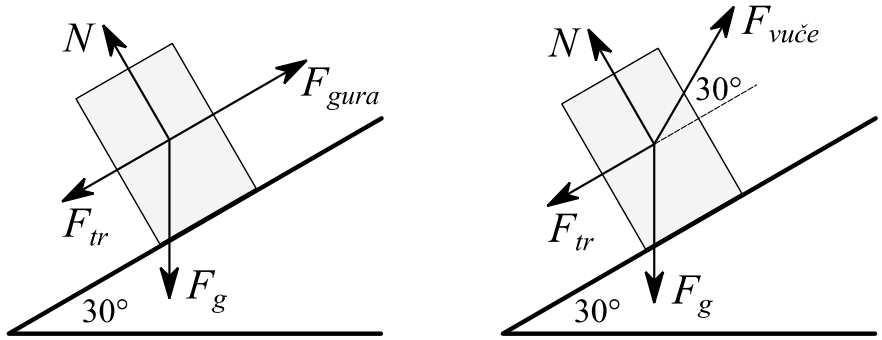
Duljina opruge je $l = 2h = 50\,\text{cm}$, a polumjer kruženja kocke je $r = \frac{\sqrt{3}}{2} l = \sqrt{3}h$ (**1 bod**).

Brzina kruženja kocke je $v = r2\pi f = 2\sqrt{3}\pi f h$ (**1 bod**).

Uvrštavanjem prethodnih izraza dobije se:

$$m = \frac{2k(l - l_0)}{12\pi^2 f^2 h + g} = 0.49\,\text{kg} \quad (\textbf{2 boda})$$

Zadatak 4 (10 bodova)



Dijagrami sila: **1 bod + 1 bod**

Za guranje ormara uz kosinu stalnom brzinom vrijedi:

$F_{gura} = F_{tr} + \frac{1}{2} mg$, $N = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$ (**2 boda**)

Za vučenje ormara uz kosinu stalnom brzinom vrijedi:

$\frac{\sqrt{3}}{2} F_{vuce} = F_{tr} + \frac{1}{2} mg$, $N + \frac{1}{2} F_{vuce} = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$ (**2 boda**)

Uvrštavanjem $F_{tr} = \mu N$ (**1 bod**) u obje jednadžbe dobije se

$F_{gura} = \frac{1}{2}\left(\mu\sqrt{3} + 1\right) mg$ (**1 bod**)

$\frac{\sqrt{3}}{2} F_{vuce} = \frac{1}{2}\left(\mu\sqrt{3} + 1\right) mg - \mu \frac{1}{2} F_{vuce} \quad \Rightarrow \quad \left(\sqrt{3} + \mu\right) F_{vuce} = \left(\mu\sqrt{3} + 1\right) mg$ (**1 bod**)

Prema tome, traženi omjer sile kojom čovjek gura i sile kojom čovjek vuče ormar je:

$$\frac{F_{gura}}{F_{vuce}} = \frac{\frac{1}{2}\left(\mu\sqrt{3} + 1\right) mg}{\frac{\left(\mu\sqrt{3} + 1\right) mg}{\left(\sqrt{3} + \mu\right)}} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{3} + \mu\right) = 0.92 \quad (\textbf{1 bod})$$

Zadatak 5 (10 bodova)

Brzina kvadra A kada se spusti na horizontalnu podlogu:

$m_A gh = \frac{1}{2} m_A v_A^2 \;\Rightarrow\; v_A = \sqrt{2gh} = 4\,\text{m/s}$ (**2 boda**)

Za sudar kvadra A i kvadra B vrijede zakoni očuvanja količine gibanja i energije:

$m_A v_A - m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$ (**1 bod**)

$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2$ (**1 bod**)

Uzimajući u obzir da je $m_B = 3m_A$ i $v_A = 4v_B$:

$4v_B - 3v_B = v_A' + 3v_B' \;\Rightarrow\; v_A' = v_B - 3v_B' = 1\,\text{m/s} - 3v_B'$

$16v_B^2 + 3v_B^2 = v_A'^2 + 3v_B'^2$

Uvrštavanjem v'_A iz prve jednadžbe u drugu jednadžbu dobije se:

$19 = (1 - 3v_B')^2 + 3v_B'^2 = 1 - 6v_B' + 9v_B'^2 + 3v_B'^2$

$12v_B'^2 - 6v_B' - 18 = 0$

$2v_B'^2 - v_B' - 3 = 0$

$(2v_B' - 3)(v_B' + 1) = 0$ (**3 boda**)

Slijedi da je brzina kvadra B nakon sudara $v_B' = 1.5\,\text{m/s}$. Smjer brzine kvadra B nakon sudara je udesno (**1 bod**).

Brzina kvadra A nakon sudara je $v_A' = -3.5\,\text{m/s}$, što znači da se kvadar A giba brzinom 3.5 m/s ulijevo (**1 bod**).

Maksimalna visina na koju će se doći kvadar A na zakrivljenom dijelu podloge nakon sudara je:

$\frac{1}{2} m_A v_A'^2 = m_A g h' \;\Rightarrow\; h' = \dfrac{v_A'^2}{2g} = 61.25\,\text{cm}$ (**1 bod**)

Ispravka :

- **Ispravka - SŠ - 1. skupina, 2. zadatak**
  F = 0 između 1.4 s i 1.5 s (nedostaje podebljanje na grafu)