Rešitve in točkovanje nalog s tekmovanja iz fizike za srebrno Stefanovo priznanje 2013/14

9. razred

Da bi se izognili morebitnemu negativnemu končnemu dosežku, se vsakemu tekmovalcu prizna začetnih 5 točk.

Sklop A:
V sklopu **A** je pravilen odgovor ovrednoten z 2 točkama. Nepravilen odgovor ali več odgovorov se točkuje z 1 negativno točko, neodgovorjeno vprašanje pa z 0 točkami. Upoštevajo se izključno odgovori, zapisani v preglednici. V preglednici so zapisani pravilni odgovori.

A1	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**
B	B	C	A	D

A1 Če se je 4 m dolga žica podaljšala za 1,36 mm, to pomeni, da se je vsak meter žice podaljšal za četrtino skupnega podaljška, torej $\frac{1{,}36\,\mathrm{mm}}{4} = 0{,}34$ mm. Vedeti moramo še, da je raztezek žice sorazmeren spremembi temperature žice. Če se meter žice pri segretju za $\Delta T = 20\,^\circ\mathrm{C}$ podaljša za 0,34 mm, se pri spremembi temperature za $\Delta T_1 = 1\,^\circ\mathrm{C}$ podaljša za dvajsetino te vrednosti, kar je $\frac{0{,}34\,\mathrm{mm}}{20} = 0{,}017$ mm.

A2 Manca najprej stoji na tehtnici, njeno težišče miruje in tehtnica kaže 41 kg. Ob začetku počepa se prične njeno težišče pospešeno gibati navzdol, kar pomeni, da na Manco deluje rezultanta sil v smeri proti tlom. Sili, ki na Manco delujeta, sta teža v smeri navzdol in sila podlage (tehtnice), v smeri navzgor. Sila teže je na začetku počepa večja od sile tehtnice, zato pokaže tehtnica na začetku počepanja manj kot 41 kg. Ko se Mančino težišče približuje svoji najnižji legi, se že ustavlja, kar pomeni, da tedaj deluje rezultanta sil na Manco v nasprotni smeri, kot se Manca giblje. Sila tehtnice je med Mančinim ustavljanjem večja od Mančine teže. Ko Manca obmiruje, kaže tehtnica spet 41 kg.

A3 V opazovanem času opravi Neli pot 1 m, Maks opravi pot $3\ \mathrm{m} + 2\ \mathrm{m} = 5$ m in Pino opravi pot $2\ \mathrm{m} + 3\ \mathrm{m} + 2\ \mathrm{m} = 7$ m.

A4 Rezultanta sil, ki delujejo na motorista, je različna od 0 tedaj, ko se motorist **ne** vozi premo-enakomerno. In obratno, ko motorist vozi premo enakomerno, je rezultanta sil nanj enaka 0. Od naštetih gibanj je vožnja motorista s stalno hitrostjo 30 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ v raven klanec edino premo-enakomerno gibanje.

A5 Površina posestva $S = 20$ juter $= 20 \cdot 1\,600$ seženj^2 $= 32\,000$ seženj^2. Velja tudi 1 seženj $=$ 6 čevljev $= 6 \cdot 12$ palcev $= 6 \cdot 12 \cdot 2{,}636$ cm $= 189{,}8$ cm $= 1{,}898$ m in zato je 1 seženj^2 $=$ $(1{,}898\ \mathrm{m})^2 = 3{,}602\ \mathrm{m}^2$. Posestvo meri $S = 32\,000 \cdot 3{,}602\ \mathrm{m}^2 = 115\,267\ \mathrm{m}^2 \approx 115\,000\ \mathrm{m}^2$.

Sklop B:

B1 (a) Ko voziček počasi odmaknemo iz ravnovesne lege, opravimo delo $A_0 = 0{,}5$ J, ki se naloži v prožnostno energijo vzmeti. Kolikor dela smo opravili, toliko ima potem vzmet (stisnjena ali skrčena) prožnostne energije, $W_{pr,0} = A_0$. Iz grafa preberemo, da je raztezek (ali skrček) vzmeti tedaj, ko je njena prožnostna energija 0,5 J, enak $x_0 = 12$ cm.
Za pravilno določen odmik od ravnovesne lege ....(1 točka)

(b) Ko voziček na vzmeti niha, ima kinetično energijo W_k, vzmet, ki se krči in razteza, pa prožnostno energijo W_{pr}. Med nihanjem vozička se ena oblika energije pretvarja v drugo in nazaj. Če je trenje zanemarljivo, se skupna energija W_s vozička in vzmeti ohranja, velja $W_s = W_{pr,0} = W_k + W_{pr} = A_0$. Vzmet v ravnovesni legi ni niti skrčena niti raztegnjena, $x = 0$, zato je njena prožnostna energija, ko gre voziček skozi ravnovesno lego, 0. To pomeni, da bo imel takrat voziček največ kinetične energije: enaka je delu A_0, ki smo ga opravili, $W_{k,0} = 0{,}5$ J.

Za pravilno določen odmik od ravnovesne lege ($x = 0$), ko ima voziček največ W_k .... (1 točka)

Za pravilno določeno velikost največje $W_{k,0}$ vozička .... (1 točka)

(c) Največjo hitrost vozička izračunamo iz njegove največje kinetične energije, $W_{k,0} = \frac{1}{2}\, m \cdot v_0^2 = 0{,}5$ J. Maso vozička poznamo, $m = 0{,}25$ kg. Dobimo

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{k,0}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}5\,\mathrm{J}}{0{,}25\,\mathrm{kg}}} = 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

Za pravilno izračunano največjo hitrost vozička v_0 .... (1 točka)

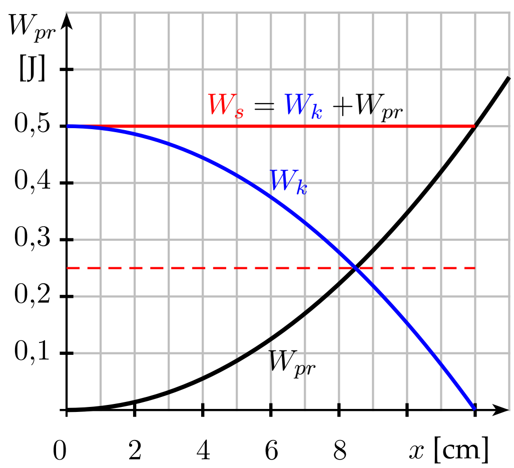
(d) Ko je hitrost vozička $v_1 = 1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, je njegova kinetična energija

$$W_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}25\,\mathrm{kg} \cdot 1\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} = 0{,}125\,\mathrm{J}\,.$$

Skupna energija je v vsakem trenutku $W_s = 0{,}5$ J, kar pomeni, da je tedaj prožnostna energija vzmeti $W_{pr} = W_s - W_k = 0{,}5$ J $-0{,}125$ J $= 0{,}375$ J. Iz grafa preberemo, da ima vzmet toliko prožnostne energije, ko je raztegnjena (ali skrčena) za $10{,}5$ cm $\pm 0{,}3$ cm (točno: $10{,}4$ cm).

Za pravilno določen odmik vozička od ravnovesne lege .... (3 točke)
Za pravilno izračunano W_k vozička .... (1 točka)
Za pravilno izračunano W_{pr} vzmeti .... (1 točka)
Za pravilno odbran skrček/raztezek vzmeti glede na W_{pr} .... (1 točka)

(e) Upoštevamo, da se skupna energija vzmeti in vozička W_s, ohranja. V koordinatnem sistemu je z modro črto narisan graf, ki kaže, kolikšna je kinetična energija vozička W_k pri različnih x, rdeča črta pa kaže skupno energijo W_s.
Graf $W_k(x)$ je preko črte $W = 0{,}25$ J prezrcaljen graf $W_{pr}(x)$.



Za upoštevanje $W_k(x = 0) = 0{,}5$ J (kje se graf začne pri $x = 0$) .... (1 točka)
Za upoštevanje $W_k(x = x_0) = 0$ (upoštevanje, da večjih odmikov od x_0 ni in da je pri odmiku x_0 kinetična energija enaka 0) .... (1 točka)
Za pravilno obliko grafa (narobe obrnjena parabola, ki se pri $x = 0$ začne vodoravno) .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **10 točk**.

B2 (a) Med skokom se Vasja in Fedja, ki imata skupaj $m_{VF} = 160$ kg, spustita za $\Delta h_{VF} = 2{,}5$ m. Pri tem se njuna potencialna energija spremeni (zmanjša) za

$$\Delta W_{p,VF} = m_{VF} \cdot g \cdot \Delta h_{VF} = 160\,\mathrm{kg} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 2{,}5\,\mathrm{m} = 4\,000\,\mathrm{J}.$$

Za pravilno izračunano spremembo potencialne energije .... (2 točki)
Za pravilno določeno spremembo višine .... (1 točka)
Za pravilno uporabljen izraz za izračun ΔW_p .... (1 točka)

(b) Prožna deska katapulta prenese na Dunjo (ki ima maso $m_D = 52$ kg) z delom A_d toliko energije, da se njeno težišče pri skoku dvigne do višine 5 m nad tlemi, kar je za $\Delta h_D = 4$ m višje od lege njenega težišča pred skokom. V najvišji točki ima Dunja za

$$A_d = \Delta W_{p,D,max} = m_D \cdot g \cdot \Delta h_D = 52\,\mathrm{kg} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 4\,\mathrm{m} = 2\,080\,\mathrm{J}$$

več energije, kot jo je imela pred skokom. To pomeni, da je prožna deska na Dunjo prenesla toliko energije.

Za pravilno izračunano spremembo Dunjine potencialne energije .... (2 točki)
Za pravilno določeno spremembo višine Dunjinega težišča .... (1 točka)
Za pravilno uporabljen izraz za izračun ΔW_p .... (1 točka)

(c) Tik zatem, ko Dunjina stopala izgubijo stik z desko, so na višini $\Delta h_1 = 1$ m nad tlemi, in toliko višje je od začetne lege tudi Dunjino težišče. Do tega trenutka je deska že opravila vse delo A_d na Dunji in ona tedaj že ima vso energijo, ki smo jo izračunali pri (b)). En del Dunjine energije je v obliki večje potencialne energije $\Delta W_{p,D,1}$ (Dunjino težišče je $\Delta h_1 = 1$ m višje kot pred skokom), večji del pa je kinetična energija $W_{k,D,1}$,

$$\begin{aligned} A_d &= \Delta W_{p,D,max} = 2\,080\,\mathrm{J} = \Delta W_{p,D,1} + W_{k,D,1} = m_D \cdot g \cdot \Delta h_1 + W_{k,D,1} = \\ &= 52\,\mathrm{kg} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 1\,\mathrm{m} + W_{k,D,1} = 520\,\mathrm{J} + W_{k,D,1}\,. \end{aligned}$$

Od tu dobimo Dunjino kinetično energijo ob koncu odriva $W_{k,D,1} = 2\,080\,\mathrm{J} - 520\,\mathrm{J} = 1\,560$ J. Iz kinetične energije izračunamo Dunjino hitrost v_1,

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{k,D,1}}{m_D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1\,560\,\mathrm{J}}{52\,\mathrm{kg}}} = 7{,}75\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

Za pravilno izračunano Dunjino hitrost v_1 **................................. (3 točke)**
Za pravilno upoštevano ohranitev energije $\Delta W_{p,D,max} = \Delta W_{p,D,1} + W_{k,D,1}$ ...(1 točka)
Za pravilno izračunano Dunjino kinetično energijo, ko je njeno težišče 1 **m nad tlemi**
.... (1 točka)

(d) Dunja na začetku miruje, potem pa na poti z dolžino $\Delta h_1 = 1$ m njena hitrost naraste na v_1. Njena povprečna hitrost na tej poti je $\bar{v} = \frac{1}{2}\,v_1 = 3{,}87\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, pot opravi v času

$$t_1 = \frac{\Delta h_1}{\bar{v}} = \frac{1\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}{3{,}87\,\mathrm{m}} = 0{,}26\,\mathrm{s}\,.$$

Dunjin pospešek med odrivom na deski je

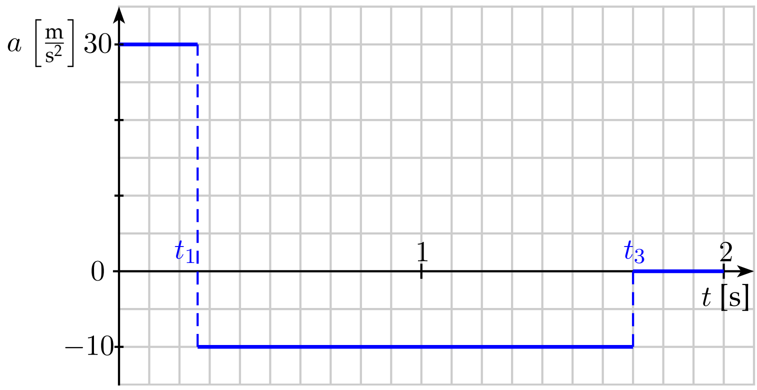
$$a = \frac{v_1}{t_1} = \frac{7{,}75\,\mathrm{m}}{\mathrm{s} \cdot 0{,}26\,\mathrm{s}} = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 3 \cdot g\,.$$

Dunjin pospešek lahko izračunamo tudi iz izreka o kinetični energiji. V smeri njenega gibanja delujeta na Dunjo dve sili, teža in sila deske. Med odrivom njuna rezultanta F_r na poti $\Delta h_1 = 1$ m opravi delo A_r, ki je enako spremembi Dunjine kinetične energije, oziroma kar Dunjini kinetični energiji na koncu odriva, $A_r = F_r \cdot \Delta h_1 = \Delta W_{k,D} = W_{k,D,1} = 1\,560$ J. Ker rezultanta deluje na poti 1 m, je njena velikost kar $F_r = 1\,560$ N. V naslednjem koraku uporabimo 2. Newtonov zakon in izračunamo Dunjin pospešek,

$$a = \frac{F_r}{m_D} = \frac{1\,560\,\mathrm{N}}{52\,\mathrm{kg}} = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 3 \cdot g\,.$$

Za pravilno izračunan Dunjin pospešek $\bar{a}$ .... **(2 točki)**
Za pravilno izračunan čas odriva t_1 .... (1 točka)
Za pravilno velikost rezultante sil F_r **ali pravilno uporabljen 2. Newtonov zakon** (1 točka)

(e) Med odrivom na deski, od trenutka $t = 0$, ko se njeno gibanje prične, do trenutka t_1, ko njena stopala izgubijo stik z desko, je Dunjin pospešek $a_1 = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Od trenutka t_1 do pristanka na Sašinih ramenih ob $t_3 = 1{,}70$ s je Dunjin pospešek težni pospešek, $a_2 = g = -10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$, ki ima nasproten predznak kot pospešek a_1. Po pristanku na Sašinih ramenih je Dunjin pospešek 0.



Za v celoti pravilen graf .... **(2 točki)**
Za pravilno prikazani velikosti (predznaki so delno napačni) obeh pospeškov do t_2 ..
.... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **11 točk**.

B3 (a) Ker so vsi deli steklenice z različnimi preseki $S_1 = 63,75$ cm^2, $S_2 = 18,75$ cm^2 in $S_3 = 7,5$ cm^2 visoki $h_0 = 10$ cm, so prostornine teh treh delov steklenice kar $V_1 = S_1 \cdot h_0 = 637,5$ cm^3, $V_2 = S_2 \cdot h_0 = 187,5$ cm^3 in $V_1 = S_3 \cdot h_0 = 75$ cm^3. Prostornina steklenice je $V_0 = V_1 + V_2 + V_3 = 900$ cm$^3 = 9$ dl. Ker Danilo vanjo vsako sekundo natoči $\Delta V = 0{,}75$ dl vina, se polni toliko časa:

$$t_s = \frac{V_0}{\Delta V} \cdot \mathrm{s} = \frac{9\,\mathrm{dl}}{0{,}75\,\mathrm{dl}} \cdot \mathrm{s} = 12\,\mathrm{s}\,.$$

Lahko izračunamo tudi posamezne dobe t_1, t_2 in t_3, ko se polnijo deli steklenice z različnimi preseki (kar nam pride prav pri risanju grafa kasneje),

$$\begin{aligned} t_s &= t_1 + t_2 + t_3 = \frac{V_1}{\Delta V} \cdot \mathrm{s} + \frac{V_2}{\Delta V} \cdot \mathrm{s} + \frac{V_3}{\Delta V} \cdot \mathrm{s} = \\ &= \frac{6{,}375\,\mathrm{dl}}{0{,}75\,\mathrm{dl}} \cdot \mathrm{s} + \frac{1{,}875\,\mathrm{dl}}{0{,}75\,\mathrm{dl}} \cdot \mathrm{s} + \frac{0{,}75\,\mathrm{dl}}{0{,}75\,\mathrm{dl}} \cdot \mathrm{s} = 8{,}5\,\mathrm{s} + 2{,}5\,\mathrm{s} + 1\,\mathrm{s} = 12\,\mathrm{s}\,. \end{aligned}$$

Za pravilno izračunan čas t_s, ko je steklenica polna .... **(2 točki)**

Za pravilno izračunano prostornino steklenice V_0 ali vse delne prostornine V_1, V_2 in V_3 .... (1 točka)

Za pravilno sklepanje o času polnjenja .... (1 točka)

(b) Da bi Danilo napolnil steklenico s prostornino V_0 v $t'_s = 15$ s, bi moral vsako sekundo vanjo naliti $\Delta V'$ vina,

$$\frac{\Delta V'}{1\,\mathrm{s}} = \frac{V_0}{t'_s} = \frac{9\,\mathrm{dl}}{15\,\mathrm{s}} = 0{,}6\,\frac{\mathrm{dl}}{\mathrm{s}}\,.$$

Za pravilno izračunano prostornino $\Delta V'$ .... **(1 točka)**

(c) Tlak v vinu tik nad dnom steklenice je večji od zračnega tlaka za $\Delta p = \rho_v \cdot g \cdot h = 18$ mbar $= 1\,800$ Pa, kjer je ρ_v gostota vina (enaka gostoti vode) in je h višina stolpca vina nad dnom steklenice. Od tu dobimo višino nad dnom steklenice h, do katere je v steklenici vino,

$$h = \frac{\Delta p}{\rho_v \cdot g} = \frac{1\,800\,\mathrm{Pa}\ \cdot\ \mathrm{kg}^3\ \cdot\ \mathrm{s}^2}{1\,000\,\mathrm{kg}\ \cdot 10\,\mathrm{m}} = 0{,}18\,\mathrm{m} = 18\,\mathrm{cm}\,.$$

To pomeni, da je v steklenici tedaj

$$V_5 = V_1 + S_2 \cdot (h - h_0) = 637,5\,\mathrm{cm}^3 + 18{,}75\,\mathrm{cm}^2 \cdot 8\,\mathrm{cm} = 787{,}5\,\mathrm{cm}^3 = 7{,}875\,\mathrm{dl}$$

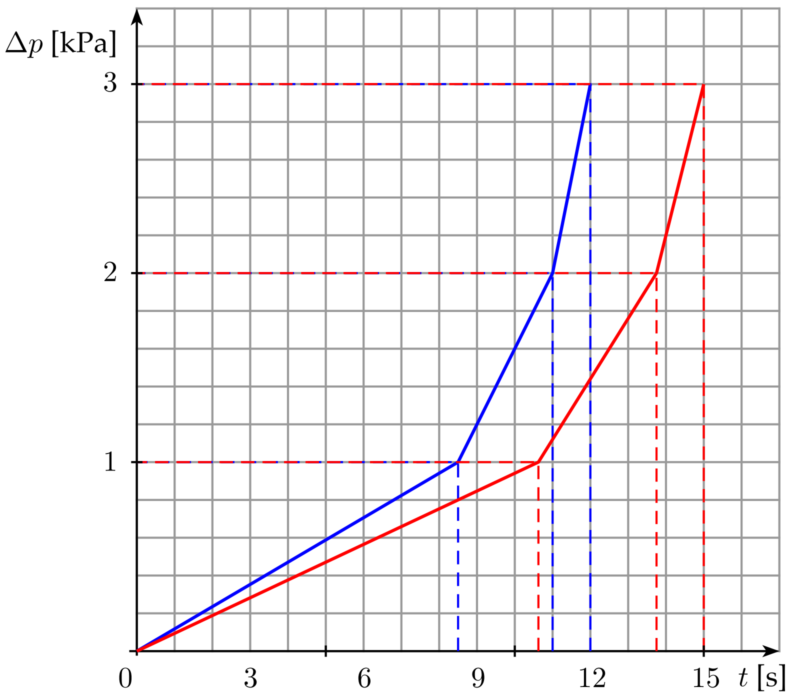
vina.

Za pravilno izračunano prostornino V_5 .... **(3 točke)**

Za pravilno zapisano (ali upoštevano) zvezo med h in Δp .... (1 točka)

Za pravilno izračunano višino gladine vina nad dnom steklenice h .... (1 točka)

(d) Grafa kažeta, kako se tlak v vinu tik nad dnom steklenice spreminja s časom med natakanjem vina. Z modro (temnejšo) črto je narisan graf, ko Danilo vsako sekundo v steklenico nalije $0{,}75$ dl vina, z rdečo (svetlejšo) pa v primeru, ko vsako sekundo v steklenico nalije $0{,}6$ dl vina.



Za v celoti pravilna grafa (tudi oznake osi; količini, skali, enoti) .... (4 točke)
Za pravilno vnešene točke (v trenutkih $8{,}5$ **s,** 11 **s in**12 **s)** .... (1 točka)
Za pravilen prvi (moder, sklenjena črta) graf .... (1 točka)
Za pravilno obliko obeh grafov (strmina: najmanj strmo na začetku, potem bolj strmo v srednjem delu in najbolj strmo na koncu) .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B3** največ **10 točk**.