dMFA

Rešitve in točkovanje nalog s tekmovanja iz fizike za srebrno Stefanovo priznanje 2015/16

9. razred

Da bi se izognili morebitnemu negativnemu končnemu dosežku, se vsakemu tekmovalcu dodeli 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**
D	D	C	C	B

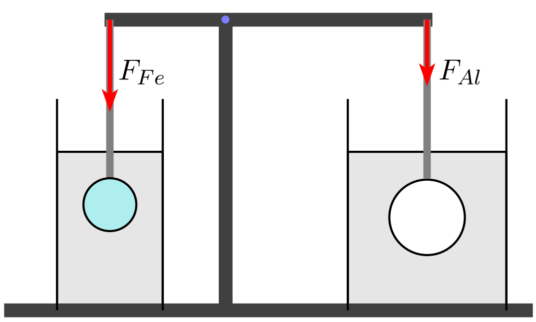
A1 Potencialna energija skokice W_p je med prostim padanjem skokice v vsakem trenutku sorazmerna z višino h, na kateri je trenutno skokica, in se s časom spreminja na enak način kot višina, $W_p(t) = m \cdot g \cdot h(t)$.

A2 Skokici sta med prostim padanjem istočasno v zraku čas Δt. V tem času je povprečna hitrost prve skokice pri padanju s polovice višine do tal znatno večja od povprečne hitrosti prve skokice, ki jo šele spustimo, da pade. Domnevamo lahko, da opravi v času Δt prva skokica precej daljšo pot od druge skokice. Odgovor (D) pomeni, da je v času Δt prva skokica opravila pot 6 m, druga pa v istem času približno pot 1 m, kar je pravilni odgovor. Lahko pa tudi izračunamo.

Čas padanja prve skokice z višine $h_6 = 6$ m do tal Δt je razlika med časom padanja skokice z višine $h_{12} = 12$ m do tal, $t_{12\to 0} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_{12}}{g}} = 1{,}55$ s, in časom padanja z višine 12 m do višine 6 m, $t_{12\to 6} = \sqrt{\frac{2\cdot(h_{12}-h_6)}{g}} = 1{,}10$ s, $\Delta t = t_{12\to 0} - t_{12\to 6} = 0{,}45$ s. V istem času opravi druga skokica med prostim padanjem pot $s = \frac{1}{2}\, g \cdot \Delta t^2 = 1{,}02$ m, kar pomeni, da je v trenutku, ko na tla pade prva, druga še vedno približno 11 m nad tlemi.

A3 Če krogli ne bi bili potopljeni v vodo, bi prečko podprli na sredini (ker imata krogli enaki masi, delujeta na suhem na krajišči prečke z enakima silama, $F_{Al} = F_{Fe}$ in zato bi veljalo tudi $r_{Al} = r_{Fe}$).

Ker imata aluminij in železo različni gostoti, sta prostornini krogel različni; krogla iz aluminija ima večjo prostornino od krogle iz železa. Ko krogli potopimo v vodo, izpodrineta različni prostornini vode, zato sta sili vzgona na krogli različni. Večji vzgon deluje na kroglo iz aluminija, ki izpodriva več vode, zato je sila, s katero krogla iz aluminija vleče navzdol svoje krajišče prečke, manjša od sile, s katero vleče svoje krajišče prečke krogla iz železa, $F_{Al} < F_{Fe}$. Ker pa je prečka podprta tako, da je v vodoravni ravnovesni legi, velja $F_{Al} \cdot r_{Al} = F_{Fe} \cdot r_{Fe}$ in zato $r_{Al} > r_{Fe}$. Prečko smo podprli bližje krogli iz železa.



A4 Poraba Cadillaca ATS je $\frac{1\,\text{galona}}{23\,\text{milj}} = \frac{3{,}785\,\text{l}}{23 \cdot 1{,}609\,\text{km}} = 0{,}102\,\frac{\text{l}}{\text{km}}$. Za vsak prevožen kilometer porabi 0,102 litra goriva, za 100 prevoženih kilometrov pa 100- krat toliko, 10,2 litra.

A5 Izberimo si, da je prvi sestanek kazalcev točno ob 12:00. Minutni kazalec naredi en obhod v 1 uri, a v tem času se urni že pomakne v lego 1:00. Minutni kazalec do tam potrebuje še 5 minut; v tem času se mu sicer urni še malo izmakne, a ga minutni kazalec prav kmalu ujame...

Čas t med sestankoma lahko tudi izračunamo. V času t se urni kazalec zasuče za kot $\alpha = \omega_u \cdot t$, kjer je ω_u kotna hitrost urnega kazalca, $\omega_u = \frac{360^\circ}{12\,\mathrm{h}}$. V istem času se minutni kazalec, ki se vrti s kotno hitrostjo $\omega_m = \frac{360^\circ}{1\,\mathrm{h}}$, zasuče za kot $\beta = \omega_m \cdot t$, ki je za 360° večji od α. Velja $\beta = \omega_m \cdot t = 360^\circ + \omega_u \cdot t$ in

$$t = \frac{360^\circ}{\omega_m - \omega_u} = \frac{360^\circ}{\frac{360^\circ}{1\,\mathrm{h}} - \frac{360^\circ}{12\,\mathrm{h}}} = \frac{12}{11}\,\mathrm{h} = 65\,\mathrm{min}\,27\,\mathrm{s}\,.$$

Sklop B:

B1 (a) Meseci november, december, januar in februar imajo skupaj 30 + 31 + 31 + 28 (ali 29) = 120 (ali, letos, 121) dni. Povprečna dnevna poraba kurilnega olja pri Novakovih je v tem obdobju

$$\frac{2\,000\,\mathrm{liter}}{120\,\mathrm{dan}} = 16{,}67\,\frac{\mathrm{liter}}{\mathrm{dan}}\,.$$

Za pravilno vsoto dni (120 ali 121) .... (1 točka)

Za pravilno povprečno dnevno porabo .... (1 točka)

(b) V enem dnevu Novakovi porabijo 16,67 litrov kurilnega olja, v eni uri pa v povprečju eno štiriindvajsetino te količine, $V_{1h} = 0{,}694$ litra. Pri izgorevanju 1 litra kurilnega olja se sprosti toplota $Q_1 = 10{,}08$ kWh $= 10{,}08 \cdot 3{,}6$ MJ $= 36{,}3$ MJ. Pri izgorevanju V_{1h} kurilnega olja pa se sprosti toplota $Q_{1h} = V_{1h} \cdot 10{,}08\,\frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{liter}} = 0{,}694\,\mathrm{liter} \cdot 10{,}08\,\frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{liter}} = 7$ kWh $= 7 \cdot 3{,}6$ MJ $= 25{,}2$ MJ.

Za pravilen rezultat .... (2 točki)

Za pravilno upoštevanje števila ur v dnevu .... (1 točka)

Za pravilno pretvorbo med enotami .... (1 točka)

(c) Ker se temperatura v hiši kljub stalnemu gretju ne spreminja, to pomeni, da so izgube toplote skozi stene, okna in streho hiše enake toploti, sproščeni pri izgorevanju kurilnega olja. V povprečju vsako uro iz hiše Novakovih uide toplota $Q_{1h} = 25{,}2$ MJ.

Za pravilen sklep .... (1 točka)

(d) Pri razmisleku nam pomaga, če vpeljemo pojem specifične izgorevalne toplote q, značilne za kurilno olje in kotel, v katerem kurilno olje izgoreva, in ki nam pove, koliko toplote se sprosti pri izgorevanju 1 litra kurilnega olja. Za stari kotel velja $q_1 = \frac{Q_1}{\mathrm{liter}}$, za novi kotel pa velja $q_2 = \frac{Q_2}{\mathrm{liter}} = 1{,}06 \cdot \frac{Q_1}{\mathrm{liter}}$.

Pri vzdrževanju iste stalne temperature v hiši kot prej se z novim kotlom v eni uri v hišo sprosti toliko toplote kot prej, a pri tem izgori manj kurilnega olja (prej V_{1h}, zdaj V'_{1h}). Velja

$$Q_{1h} = V_{1h} \cdot q_1\,(\text{stari}) \;= V'_{1h} \cdot q_2\,(\text{novi})\,.$$

V novem kotlu vsako uro v povprečju izgori

$$V'_{1h} = V_{1h} \cdot \frac{q_1}{q_2} = V_{1h} \cdot \frac{Q_1}{Q_2} = V_{1h} \cdot \frac{Q_1}{1{,}06 \cdot Q_1} = \frac{V_{1h}}{1{,}06} = \frac{0{,}694\,\mathrm{l}}{1{,}06} = 0{,}655\,\mathrm{l}$$

kurilnega olja. V vseh 120 dnevih izgori v novem kotlu $V_n = 120 \cdot 24 \cdot V'_{1h} = 1\,887$ litrov kurilnega olja. Z novim kotlom Novakovi prihranijo $\Delta V = 2\,000\ \mathrm{l} - 1\,887\ \mathrm{l} = 113$ litrov kurilnega olja.

Za pravilen rezultat .... (2 točki)

Za izkazano razumevanje, da se sproščena toplota ne spremeni .... (1 točka)

(e) Toplota, ki se v novem kotlu sprosti pri izgorevanju prihranjenih $\Delta V = 113$ litrov kurilnega olja, je

$$Q_{113} = \Delta V \cdot q_2 = \Delta V \cdot \frac{1{,}06 \cdot Q_1}{\text{liter}} = 113\,\text{liter} \cdot 1{,}06 \cdot \frac{36{,}3\,\text{MJ}}{\text{liter}} = 4\,347\,\text{MJ}\,.$$

S to toploto lahko z začetne temperature $T_1 = 10\,°\text{C}$ do vrelišča pri temperaturi $T_2 = 100\,°\text{C}$ segrejemo vodo z maso m, velja

$$Q_{113} = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)\,,$$

kjer je $c = 4\,200\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ specifična toplota vode. Od tu dobimo

$$m = \frac{Q_{113}}{c \cdot (T_2 - T_1)} = \frac{4\,347\,\text{MJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{4\,200\,\text{J} \cdot 90\,\text{K}} = 0{,}0115\,\text{Mkg} = 11\,500\,\text{kg}\,.$$

S toploto, ki jo prihranijo, bi lahko z novim kotlom za $\Delta T = 90\,°\text{C}$ segreli $11\,500$ kg vode, kar je $11\,500$ litrov oziroma $11{,}5\ \text{m}^3$ vode, s starim pa $10\,850$ kg, oziroma $10\,850$ litrov.

Za pravilen rezultat .... **(2 točki)**
Za pravilen račun toplote, ki se sprosti pri izgorevanju ΔV kurilnega olja ...... (1 točka)
Za pravilen račun mase vode iz toplote (s starim ali novim kotlom) .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **9 točk**.

B2 (a) Skupna kinetična energija avtomobilčka in kocke preden avtomobilček trči v stopnico je

$$W_k = \frac{1}{2}\,(m_a + m_k)v^2 = \frac{1}{2}\,(0{,}25\,\text{kg} + 0{,}15\,\text{kg})\left(1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0{,}45\,\text{J}\,.$$

Za pravilen rezultat .... **(1 točka)**

(b) Pospešek avtomobilčka izračunamo iz poti $s = 0{,}75$ m, na kateri se pospešuje, in končne hitrosti na koncu pospeševanja $v = 1{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$,

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{\left(1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 0{,}75\,\text{m}} = 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\,.$$

Za pravilen rezultat .... **(1 točka)**

(c) Če se avtomobilček s kocko giblje s pospeškom a, nanj deluje rezultanta sil (ki pospešeno gibanje avtomobilčka in kocke povzroči)

$$F_r = (m_a + m_k) \cdot a = 0{,}40\,\text{kg} \cdot 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0{,}6\,\text{N}\,.$$

Za pravilen rezultat .... **(2 točki)**
Za uporabo 2. Newtonovega zakona .... (1 točka)
Za upoštevanje skupne mase sistema .... (1 točka)

(d) Da lahko odgovorimo na to vprašanje, moramo zamenjati opazovani sistem. Do tu smo obravnavali avtomobilček s kocko kot sistem. Zdaj opazujmo le kocko. Kocka se giblje s pospeškom a (ker glede na avtomobilček miruje, sklepamo, da se giblje z istim pospeškom kot avtomobilček). Če se kocka giblje s pospeškom a, deluje nanjo sila avtomobilčka $F_{a\to k}$ (ki pospešeno gibanje kocke tudi povzroči)

$$F_{a\to k} = m_k \cdot a = 0{,}15\,\text{kg} \cdot 1{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0{,}225\,\text{N}\,.$$

Za pravilen rezultat .... **(2 točki)**
Za uporabo 2. Newtonovega zakona .... (1 točka)
Za upoštevanje samo mase kocke .... (1 točka)

(e) Med trkom s stopnico se avtomobilček in kocka skupaj ustavljata čas $t_u = 50\,\mathrm{ms}$ s povprečnim pojemkom

$$a_u = \frac{\Delta v}{t_u} = \frac{v}{t_u} = \frac{1{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{50\,\mathrm{ms}} = 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Tolikšen pojemek avtomobilčka in kocke povzroči sila stopnice na avtomobilček $F_{s\to a}$, ki je v povprečju enaka

$$F_{s\to a} = (m_a + m_k)\cdot a_u = 0{,}40\,\mathrm{kg}\,\cdot 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 12\,\mathrm{N}\,.$$

Za pravilen rezultat .... (2 točki)
Za pravilen pojemek .... (1 točka)
Za upoštevanje skupne mase avtomobilčka in kocke .... (1 točka)

(f) Opazovani sistem je kocka, ki se ob trku avtomobilčka s stopnico ustavi, ker nanjo deluje sila vrvice, s katero je kocka pripeta na avtomobilček. Kocka se ustavi z istim povprečnim pojemkom a_u kot avtomobilček, in sila, ki ga povzroči, je sila vrvice

$$F_v = m_k \cdot a_u = 0{,}15\,\mathrm{kg}\,\cdot 30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 4{,}5\,\mathrm{N}\,.$$

Za pravilen rezultat .... (2 točki)
Za uporabo 2. Newtonovega zakona .... (1 točka)
Za upoštevanje samo mase kocke .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **10 točk**.

B3 (a) V času od t_0 do t_1 se kormoran dvigne do višine $h_1 = v_k \cdot t_1 = 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 10\ \mathrm{s} = 40\ \mathrm{m}$, galeb pa preleti razdaljo $s = v_{g1}\cdot t_1 = 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 10\ \mathrm{s} = 70\ \mathrm{m}$ in je od mesta, kjer se kormoran požene iz vode, oddaljen za $x = 100\ \mathrm{m} - 70\ \mathrm{m} = 30\ \mathrm{m}$. Razdalja med galebom in kormoranom je v trenutku t_1, ko kormoranu riba pade iz kljuna, $r = \sqrt{h_1^2 + x^2} = \sqrt{(40\,\mathrm{m})^2 + (30\,\mathrm{m})^2} = 50\ \mathrm{m}$.

Za pravilni rezultat .... (3 točke)
Za pravilno višino, na kateri kormoran izgubi ribo .... (1 točka)
Za pravilno oddaljenost galeba od mesta, kjer se je kormoran pognal iz vode ... (1 točka)
Za pravilno uporabo Pitagorovega izreka (ali pa določanje z načrtovanjem) ..... (1 točka)

(b) V trenutku, ko kormoran izgubi ribo, je ribina hitrost enaka hitrosti kormorana $v_k = 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, riba se giblje navzgor, kot pri navpičnem metu z začetno hitrostjo v_k.

Za pravilni odgovor .... (1 točka)

(c) Od trenutka t_1 leti riba najprej navzgor čas Δt_1, v tem času se njena hitrost z začetne v_k zmanjša na 0 s pospeškom prostega pada g, velja $\Delta v = v_k = g\cdot\Delta t_1$, od tu dobimo $\Delta t_1 = 0{,}4\ \mathrm{s}$. V tem času se riba povzpne za $\Delta h = \frac{1}{2}\,g\cdot\Delta t_1^2 = 0{,}8\ \mathrm{m}$ z višine h_1 na višino $h_2 = h_1 + \Delta h = 40{,}8\ \mathrm{m}$. Z višine h_2 prosto pada proti morju čas

$$\Delta t_2 = \sqrt{\frac{2\cdot h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 40{,}8\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^2}{10\,\mathrm{m}}} = 2{,}86\,\mathrm{s}\,.$$

Od trenutka $t_1 = 10\ \mathrm{s}$, ko kormoranu pade iz kljuna, do trenutka t_2, ko jo ujame galeb, mine čas $\Delta t = t_2 - t_1 = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 3{,}26\ \mathrm{s}$.

Za pravilni rezultat .... (3 točke)
Za pravilno upoštevanje dejstva, da se riba najprej giblje navzgor .... (1 točka)
Za pravilen račun časa prostega pada .... (1 točka)

(d) Galeb v času Δt med $t_1 = 10$ s in $t_2 = t_1 + \Delta t = 13{,}26$ s preleti razdaljo x, kar pomeni, da je njegova povprečna hitrost od t_1 do t_2 enaka

$$\bar{v}_g = \frac{x}{\Delta t} = \frac{30\,\mathrm{m}}{3{,}26\,\mathrm{s}} = 9{,}21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

Pred pospeševanjem je galeb letel s hitrostjo $v_{g1} = 7 = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ in ima v trenutku t_2, ko ujame ribo, hitrost

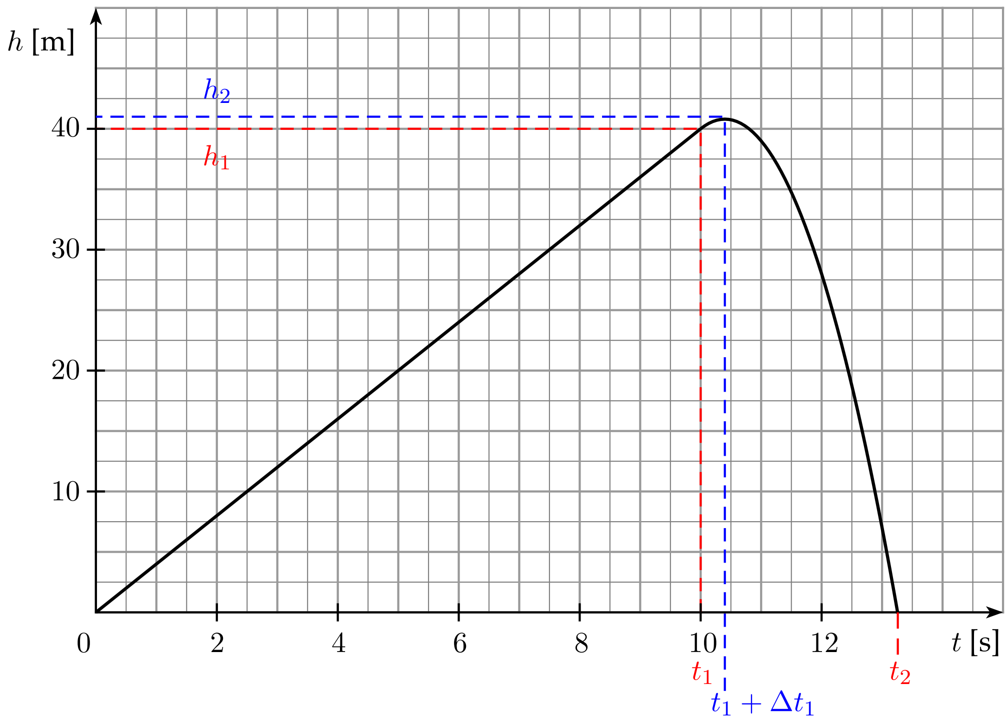
$$v_{g2} = \bar{v}_g + (\bar{v}_g - v_{g1}) = 2 \cdot 9{,}21\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 11{,}42\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

V času Δt je galeb letel enakomerno pospešeno s pospeškom

$$a = \frac{v_{g2} - v_{g1}}{\Delta t} = \frac{11{,}42\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{3{,}26\,\mathrm{s}} = 1{,}36\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Za pravilni rezultat .... **(3 točke)**
Za pravilno povprečno hitrost galeba v času med t_1 in t_2 .... (1 točka)
Za pravilno hitrost galeba v trenutku t_2, ko ujame ribo .... (1 točka)
Za pravilni račun pospeška iz spremembe hitrosti in Δt .... (1 točka)

(e) Graf, ki kaže, kako se nadmorska višina h, na kateri je riba, spreminja s časom od trenutka t_0, ko se z njo v kljunu iz morja požene kormoran, do trenutka t_2, ko jo ujame galeb.



Za v celoti pravilen grafa (tudi oznake osi, količine, enote) .... **(3 točke)**
Za pravilno obliko grafa: višina najprej linearno narašča, potem graf gladko preide v parabolo .... (1 točka)
Za pravilne značilne čase t_1, $t_1 + \Delta t_1$, t_2 .... (1 točka)
Za pravilne značilne višine h_1, h_2 .... (1 točka)
Za nepopolne oznake osi odštejemo 1 točko.

Tekmovalec dobi pri nalogi **B3** največ **13 točk**.