Rešitve in točkovanje nalog s tekmovanja iz fizike za srebrno Stefanovo priznanje 2018/19

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, ki jih je tekmovalec zapisal v preglednico. Pravilni odgovori so:

A1	A2	A3	A4	A5
C	A	C	D	D

A1 Hitrost, s katero iz posode izteka voda, je tem večja, čim večji je tlak v posodi pri luknjici (glede na tlak zunaj luknjice – zračni tlak). Čim večja je hitrost iztekanja, tem več vode izteče. Ko luknjico odmašimo, je v posodi največ vode in sega najvišje nad luknjico, tlak v posodi pri luknjici je največji, hitrost iztekanja vode je največja in prostornina iztekle vode se najhitreje veča. Med iztekanjem vode (s časom) se vse te količine zmanjšujejo. Graf, ki edini ustrezno prikaže, kako se prostornina iztekle vode spreminja s časom, je na sliki (C).

A2 Ko enoto gravitacijske konstante G množimo s kvadratom enote za maso, kg^2 (zmnožkom enot m_1 in m_2), in delimo s kvadratom enote za razdaljo, m^2 (enota r^2), dobimo enoto za silo, N, ki je, izražena z osnovnimi enotami,

$$\mathrm{N} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Za enote v izrazu za gravitacijsko silo velja

$$\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = [\text{enota } G] \cdot \frac{\mathrm{kg}^2}{\mathrm{m}^2}$$

in

$$[\text{enota } G] = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}^2} = \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2} \text{ (A)}.$$

A3 En srednje učinkovit delavec opravlja delo z močjo P_1 čas $t_1 = 10 \cdot 12\,\mathrm{ur} = 120\,\mathrm{ur}$, visoko učinkovit pa z močjo $P_2 = \frac{3}{2}\,P_1$ čas $t_2 = 6 \cdot 10\,\mathrm{ur} = 60\,\mathrm{ur}$. Delo A, ki ga oboji delavci – 15 srednje učinkovitih ali N visoko učinkovitih – opravijo, je na koncu enako,

$$A = 15 \cdot P_1 \cdot 120\,\mathrm{ur} = N \cdot P_2 \cdot 60\,\mathrm{ur}\,,$$

odkoder izrazimo N,

$$N = \frac{15 \cdot 120\,\mathrm{ur}}{60\,\mathrm{ur}} \cdot \frac{P_1}{P_2} = 30 \cdot \frac{2}{3} = 20 \text{ (C)}.$$

A4 Skupna masa čolna in obeh potnikov je $m = 120\ \text{kg} + 65\ \text{kg} + 55\ \text{kg} = 240\ \text{kg}$. Čoln se giblje s pospeškom $a = 1\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, torej nanj deluje (v smeri gibanja in smeri pospeška) rezultanta sil $F_r = m \cdot a = 240\ \text{N}$. K rezultanti sil v smeri pospeška prispevata dve sili: sila upora $F_u = 500\ \text{N}$, ki je nasprotna smeri gibanja, in sila vode na propeler F_{vp} (sila, s katero se propeler odriva od vode – po 3. Newtonovem zakonu je sila, s katero voda deluje na propeler – del čolna – po velikosti enaka sili, s katero propeler deluje na vodo), ki deluje v smeri gibanja čolna. Njuna vsota (rezultanta) $\vec{F}_r = \vec{F}_u + \vec{F}_{vp}$ povzroči, da se čoln giblje s pospeškom $1\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Ker delujeta sila vode na propeler in sila upora na čoln v nasprotnih smereh (in ker se čoln giblje s pospeškom v smeri sile vode na propeler), je velikost rezultante F_r razlika med velikostjo sile vode na propeler F_{vp} in velikostjo sile upora F_u, velja $F_r = F_{vp} - F_u$ in od tu dobimo

$$F_{vp} = F_r + F_u = 240\,\text{N} + 500\,\text{N} = 740\,\text{N}\,(\text{D}).$$

A5 Oreh pada, višina, na kateri je, se s časom zmanjšuje. Najprej počasi, potem vedno hitreje (D).

Sklop B:

B1 Celoten poskus je sestavljen iz etap: najprej se led segreva od $-16°\text{C}$ do tališča (a), potem se led tali s prvim (b) in drugim grelcem (c), sledi segrevanje vode do vrelišča (d) in se konča z uparevanjem (e). Vsaka etapa traja določen čas. Pri podvprašanjih izračunamo čas trajanja posameznih etap.

(a) Grelec segreje $m = 3$ kg ledu za $\Delta T_{\text{led}} = 16°\text{C}$, ko mu odda toploto

$$Q_{(\text{a})} = m \cdot c_l \cdot \Delta T_{\text{led}} = 3\,\text{kg} \cdot 2100\,\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 16\,\text{K} = 100\,800\,\text{J} = 100{,}8\,\text{kJ}\,.$$

Grelec, ki odda vsako sekundo 120 J toplote, oddaja toplotni tok $P_1 = \frac{120\,\text{J}}{\text{s}} = 120$ W. Toploto $Q_{(\text{a})}$ odda v času

$$\Delta t_{(\text{a})} = \frac{Q_{(\text{a})}}{P_1} = \frac{100\,800\,\text{J}}{120\,\text{W}} = 840\,\text{s} = 14\,\text{min}.$$

Led se je pričel segrevati ob času $t_0 = 0$ in je ogret na temperaturo 0°C ob času $t_1 = \Delta t_{(\text{a})} = 14$ min.

Za pravilno izračunan čas t_1 v minutah .... (2 točki)
Za pravilno izračunano toploto za segrevanje ledu .... (1 točka)

(b) V nadaljevanju poskusa odda prvi grelec ledu toploto $Q_{(\text{b})}$, kar omogoči, da se stali $m_1 = 0{,}75$ kg ledu. Toplota $Q_{(\text{b})}$ je

$$Q_{(\text{b})} = m_1 \cdot q_t = 0{,}75\,\text{kg} \cdot 336\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 252\,\text{kJ} = 252\,000\,\text{J}\,.$$

Prvi grelec odda toploto $Q_{(\text{b})}$ v času

$$\Delta t_{(\text{b})} = \frac{Q_{(\text{b})}}{P_1} = \frac{252\,000\,\text{J}}{120\,\text{W}} = 2100\,\text{s} = 35\,\text{min}.$$

Dušan je $\Delta t_{(\text{b})} = 35$ minut talil led s prvim grelcem. Prvi grelec je zamenjal z drugim, močnejšim, ob času $t_2 = t_1 + \Delta t_{(\text{b})} = 49$ minut po začetku poskusa.
Za pravilno izračunana časa $\Delta t_{(\text{b})}$ in t_2 .... (2 točki)
Za pravilno izračunano toploto za taljenje ledu .... (1 točka)

(c) Preostalo maso $m_2 = 2{,}25$ kg ledu Dušan tali z močnejšim grelcem, ki oddaja toplotni tok $P_2 = 7 \cdot P_1 = 840$ W. Za staljenje preostalega ledu je potrebna toplota

$$Q_{(c)} = m_2 \cdot q_t = 2{,}25\,\mathrm{kg} \cdot 336\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}} = 756\,\mathrm{kJ} = 756\,000\,\mathrm{J}\,.$$

Drugi grelec odda toploto $Q_{(c)}$ v času

$$\Delta t_{(c)} = \frac{Q_{(b)}}{P_2} = \frac{756\,000\,\mathrm{J}}{840\,\mathrm{W}} = 900\,\mathrm{s} = 15\,\mathrm{min}.$$

Z drugim grelcem je Dušan talil preostali led $\Delta t_{(c)} = 15$ minut. Ves led je staljen ob času $t_3 = t_2 + \Delta t_{(c)} = 64$ minut po začetku poskusa.
Za pravilno izračunana časa $\Delta t_{(c)}$ in t_3 .... (2 točki)
Za pravilno izračunano toploto za taljenje ledu in upoštevano večjo moč drugega grelca
.... (1 točka)

(d) V posodi je ob času t_3 tekoča voda z maso $m = 3$ kg pri temperaturi 0°C. Dušan z drugim grelcem to vodo segreva do vrelišča pri temperaturi 100°C za $\Delta T_{\text{voda}} = 100$°C (= 100 K). Grelec odda v tej etapi toploto

$$Q_{(d)} = m \cdot c_{\mathrm{v}} \cdot \Delta T_{\text{voda}} = 3\,\mathrm{kg} \cdot 4200\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}} \cdot 100\,\mathrm{K} = 1\,260\,000\,\mathrm{J} = 1{,}26\,\mathrm{MJ}\,.$$

Drugi grelec odda toploto $Q_{(d)}$ odda v času

$$\Delta t_{(d)} = \frac{Q_{(d)}}{P_2} = \frac{1\,260\,000\,\mathrm{J}}{840\,\mathrm{W}} = 1500\,\mathrm{s} = 25\,\mathrm{min}.$$

Voda se je pričela segrevati ob času t_3 in je ogreta na temperaturo vrelišča 100°C ob času $t_4 = t_3 + \Delta t_{(d)} = 89$ min.
Za pravilno izračunan čas t_4 .... (2 točki)
Za pravilno izračunano toploto za segrevanje vode .... (1 točka)

(e) V zadnjem delu poskusa Dušan upari $m_3 = 0{,}5$ kg vode. Toplota za uparevanje $Q_{(e)}$ je

$$Q_{(e)} = m_e \cdot q_i = 0{,}5\,\mathrm{kg} \cdot 2{,}26\,\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} = 1{,}13\,\mathrm{MJ} = 1\,130\,000\,\mathrm{J}\,.$$

Drugi grelec odda toploto $Q_{(e)}$ v času

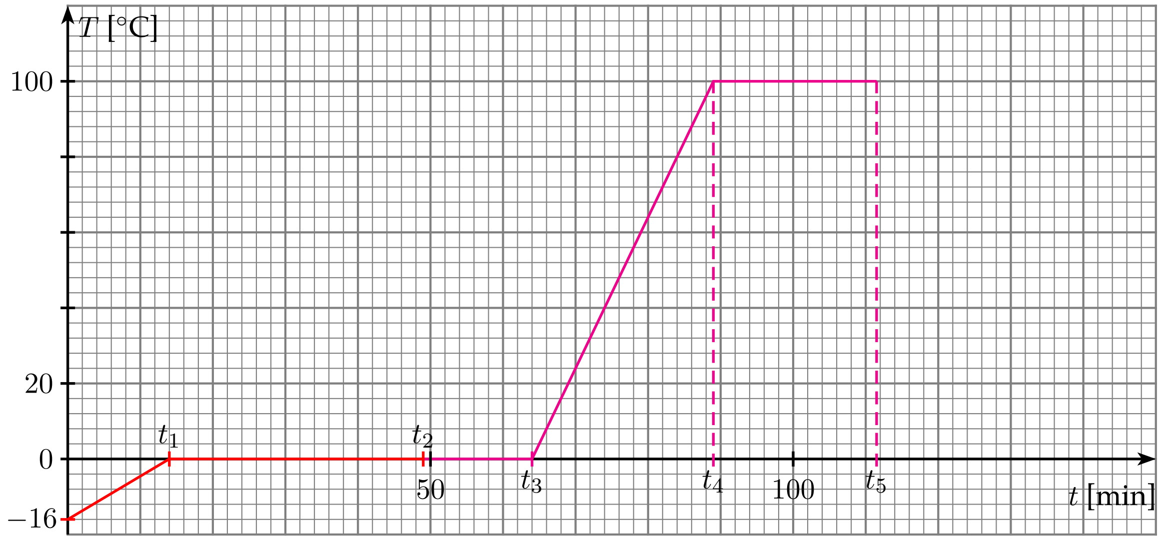
$$\Delta t_{(e)} = \frac{Q_{(e)}}{P_2} = \frac{1\,130\,000\,\mathrm{J}}{840\,\mathrm{W}} = 1345\,\mathrm{s} = 22\,\mathrm{min}\ 25\,\mathrm{s}.$$

V posodi je le še 2,5 kg vode ob času $t_5 = t_4 + \Delta t_{(e)} = 111$ min 25 s po začetku poskusa.
Za pravilno izračunan čas t_5 .... (2 točki)
Za pravilno izračunano toploto za uparevanje vode .... (1 točka)

Časi, izračunani pri podvprašanjih od (a) do (e) so zapisani v razpredelnici.

proces	trajanje Δt [min]	začetek t_z [min]	konec t_k [min]
(a) segrevanje ledu	$\Delta t_{(a)} = 14$ min	$t_0 = 0$	$t_1 = 14$ min
(b) taljenje s prvim grelcem	$\Delta t_{(b)} = 35$ min	$t_1 = 14$ min	$t_2 = 49$ min
(c) taljenje z drugim grelcem	15	49	64
(d) segrevanje vode do vrenja	25	64	89
(e) uparevanje	22 min 25 s	89	111 min 25 s

(f) Graf prikazuje, kako se je v posodi spreminjala temperatura snovi od začetka poskusa ob $t_0 = 0$ do t_5. Pri risanju grafa si pomagamo s pregledno zapisanimi časi v razpredelnici.



Za v celoti pravilno narisan graf (oblika z vodoravnimi deli med taljenjem in uparevanjem, označena navpična os, skala na obeh oseh, enota na navpični osi) .... (3 točke)

Za vodoravna dela grafa med taljenjem in uparevanjem pri pravilnih temperaturah (1 točka)

Za enakomerno naraščanje temperature med segrevanjem ledu in vode .... (1 točka)

Za pravilno vnešene čase od t_1 do t_5 .... (1 točka)

(g) Toplota, ki jo je med celotnim poskusom prejela snov v posodi, je vsota toplot za posamezne etape poskusa, ki smo jih že izračunali pri podvprašanjih od (a) do (e),

$$
\begin{aligned}
Q &= Q_{(a)} + Q_{(b)} + Q_{(c)} + Q_{(d)} + Q_{(e)} = \\
&= 0{,}1008\,\mathrm{MJ} + 0{,}252\,\mathrm{MJ} + 0{,}756\,\mathrm{MJ} + 1{,}26\,\mathrm{MJ} + 1{,}13\,\mathrm{MJ} = 3{,}4988\,\mathrm{MJ} \approx 3{,}5\,\mathrm{MJ}\,.
\end{aligned}
$$

Za pravilno izračunano toploto .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **14 točk**.

B2 (a) Pri spustu od starta na višini h_{start} do točke A na višini h_{A} se Filipova potencialna energija spremeni za

$$\begin{aligned}\Delta W_p &= W_{p,\text{A}} - W_{p,\text{start}} = m \cdot g \cdot (h_{\text{A}} - h_{\text{start}}) = -m \cdot g \cdot h_0 = \\ &= -104\,\text{kg} \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9\,\text{m} = -9\,360\,\text{J}.\end{aligned}$$

Filipova potencialna energija se zmanjša.

Za pravilno izračunano spremembo potencialne energije, pravilen predznak ....(2 točki)

Za pravilno velikost spremembe potencialne energije ....(1 točka)

(b) V točki A ima Filip hitrost $v_{\text{A}} = 13{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ in kinetično energijo

$$W_{k,\text{A}} = \frac{1}{2}\,m \cdot v_{\text{A}}^2 = \frac{1}{2}\,104\,\text{kg} \cdot \left(13{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 9\,477\,\text{J}.$$

Za pravilno izračunano kinetično energijo .... (1 točka)

(c) Delo (povprečne) zaviralne sile $F_u = 35$ N na $s_0 = 18$ m dolgem klancu je

$$A = -F_u \cdot s_0 = -35\,\text{N} \cdot 18\,\text{m} = -630\,\text{J}.$$

Zaviralna sila opravi na Filipu negativno delo.

Za pravilno izračunano delo, pravilen predznak dela ....(2 točki)

Za pravilno velikost dela $|A|$ ....(1 točka)

(d) Od starta do točke A se Filipova mehanska energija (vsota njegove kinetične in potencialne energije) spremeni za delo, ki ga na njem na tej poti opravijo zunanje sile razen teže. Edina preostala sila, ki opravlja delo na Filipu poleg teže, je zaviralna sila $\vec{F_u}$. Delo slednje je na prvem spustu negativno, Filipova mehanska energija se pri prvem spustu zmanjša za delo zaviralne sile. Zapišemo lahko

$$W_{k,\text{A}} + W_{p,\text{A}} = W_{k,\text{start}} + W_{p,\text{start}} - |A|$$

Filipovo hitrost na startu izračunamo iz začetne kinetične energije $W_{k,\text{start}}$,

$$\begin{aligned}W_{k,\text{start}} &= W_{k,\text{A}} + W_{p,\text{A}} - W_{p,\text{start}} + |A| = W_{k,\text{A}} + \Delta W_p + |A| = \\ &= 9\,477\,\text{J} - 9\,360\,\text{J} + 630\,\text{J} = 747\,\text{J}.\end{aligned}$$

Iz $W_{k,\text{start}}$ izrazimo Filipovo hitrost na startu,

$$v_{\text{start}} = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{k,\text{start}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 747\,\text{J}}{104\,\text{kg}}} = 3{,}79\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 3{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\,.$$

Za pravilno hitrost ....(4 točke)

Za pravilen izraz za spremembo mehanske energije, pravilno – vključno s predznakom – upoštevano delo .... (1 točka)

Za pravilno vrednost kinetične energije .... (1 točka)

Za pravilen izraz za hitrost, izraženo s kinetično energijo .... (1 točka)

(e) Razmerje med dolžino klanca s_1 med točkama A in B ter višinsko razliko h_1 je enako razmerju med dolžino klanca s_0 med startom in točko A ter višinsko razliko h_0,

$$\frac{s_1}{h_1} = \frac{s_0}{h_0} = \frac{18\,\text{m}}{9\,\text{m}} = 2\,,$$

odkoder dobimo zvezo

$$s_1 = 2 \cdot h_1\,.$$

Ker ima Filip na vrhu grbine v točki B enako hitrost, kot jo je imel na startu, je tudi njegova kinetična energija v točki B enaka njegovi začetni kinetični energiji na startu. Ker je grbina nižje od starta, se je od starta do točke B spremenila – zmanjšala – le Filipova potencialna energija,

$$\Delta W_{p,\text{start}\to\text{B}} = W_{p,\text{B}} - W_{p,\text{start}} = m \cdot g \cdot (h_1 - h_0)\,.$$

Sprememba Filipove potencialne energije od starta do točke B je enaka (negativnemu) delu enake povprečne zaviralne sile, ki deluje na Filipa na poti s_0 med spustom od starta do točke A in vzpenjanjem na poti s_1 od točke A do vrha grbine v točki B,

$$A_{\text{start}\to\text{B}} = -F_u \cdot (s_0 + s_1)\,.$$

Upoštevamo, da velja $\Delta W_{p,\text{start}\to\text{B}} = A_{\text{start}\to\text{B}}$ ter upoštevamo še zvezo $s_1 = 2 \cdot h_1$ in dobimo enačbo

$$m \cdot g \cdot (h_1 - h_0) = -F_u \cdot (s_0 + s_1) = -F_u \cdot (s_0 + 2 \cdot h_1)\,,$$

iz katere izrazimo višino grbine h_1,

$$h_1 = \frac{m \cdot g \cdot h_0 - F_u \cdot s_0}{m \cdot g + 2 \cdot F_u} = \frac{9360\,\text{J} - 630\,\text{J}}{1040\,\text{N} + 2 \cdot 35\,\text{N}} = 7{,}86\,\text{m} \approx 7{,}9\,\text{m}\,.$$

Za pravilno višino grbine .... **(4 točke)**
Za pravilno razmerje med dolžino poti s_1 in višino grbine h_1 .... (1 točka)
Za pravilno enačenje spremembe mehanske energije in negativnega dela zaviralne sile na celotni poti .... (1 točka)
Za pravilen zapis dela na skupni poti $s_0 + s_1$ .... (1 točka)
Za pravilno opažanje, da je kinetična energija na startu enaka kinetični energiji v točki B in je zato sprememba mehanske energije enaka spremembi samo potencialne energije .. .. (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **13 točk**.