

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

9. razred, fleksibilni predmetnik

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 večja. 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,

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

Za enote v izrazu za gravitacijsko silo velja

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

in

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

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

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

odkoder izrazimo N ,

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

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 odrija 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

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

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

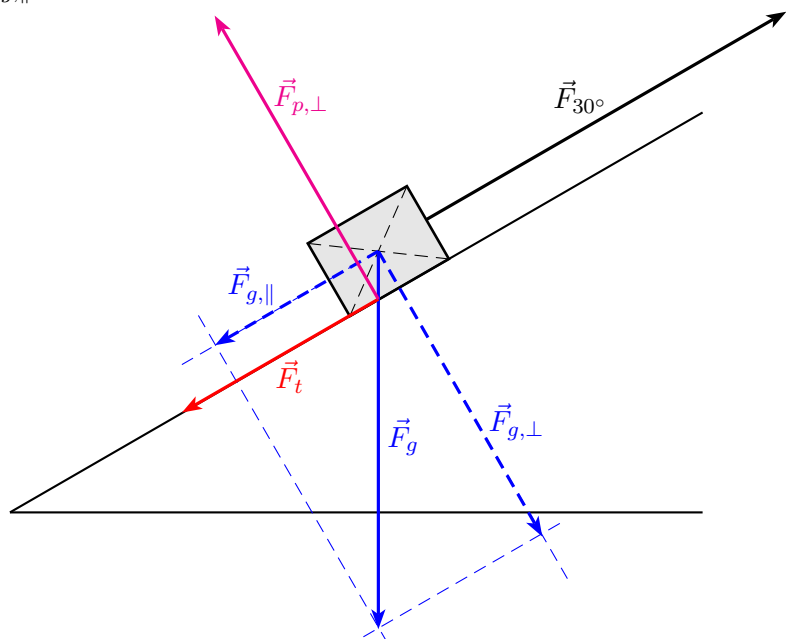
Sklop B:

- B1** (a) Na zaboju med njegovim gibanjem navzgor po klanec z naklonom $\alpha = 30^\circ$ delujejo štiri sile: teža \vec{F}_g , vlečna sila \vec{F}_{30° , pravokotna sila podlage $\vec{F}_{p,\perp}$ ter sila trenja \vec{F}_t . Teža zaboja meri $F_g = 50\text{ N}$ in jo na sliki predstavimo s 5 cm dolgo daljico, usmerjeno navzdol. Poznamo tudi vlečno silo \vec{F}_{30° , ki meri $F_{30^\circ} = 55\text{ N}$ in jo na sliki predstavimo s 5,5 cm dolgo daljico, usmerjeno vzdolž klanca navzgor. Pravokotna sila podlage $\vec{F}_{p,\perp}$ uravnovesi statično (pravokotno) komponento teže $\vec{F}_{g,\perp}$. Velikost obeh komponent teže določimo z razstavljanjem teže na dve komponenti, pravokotno na klanec $\vec{F}_{g,\perp}$ in vzporedno s klanecem $\vec{F}_{g,\parallel}$. Ugotovimo, da je dolžina daljice, s katero ponazorimo pravokotno komponento teže, dolga $4,3\text{ cm} \pm 0,1\text{ cm}$, kar ustreza velikosti sile $F_{g,\perp} = 43\text{ N} \pm 1\text{ N}$. To je tudi velikost sile podlage $F_{p,\perp} = F_{g,\perp} = 43\text{ N} \pm 1\text{ N}$. Zaboju se giblje enakomerno, kar pomeni, da so tudi sile in komponente sil, ki so vzporedne klanec, uravnovešene. Vzdolž klanca vleče zaboju navzgor vlečna sila \vec{F}_{30° , vzdolž klanca navzdol pa delujeta na zaboju dinamična (klanec vzporedna) komponenta teže $\vec{F}_{g,\parallel}$ in sila trenja \vec{F}_t . Ugotovimo, da je dolžina daljice, s katero predstavimo vzporedno komponento teže, dolga $2,5\text{ cm} \pm 0,1\text{ cm}$, kar ustreza velikosti sile $F_{g,\parallel} = 25\text{ N}$. Za velikosti sil velja zveza

$$F_{30^\circ} = F_{g,\parallel} + F_t.$$

Sila trenja meri $F_t = F_{30^\circ} - F_{g,\parallel} = 55\text{ N} - 25\text{ N} = 30\text{ N} \pm 1\text{ N}$.

Prijemališča sil: teža prejme v težišču – sredini – zaboja. Vlečna sila prejme na pritrdišču vrvi na zaboju. Sila podlage in sila trenja prejmeta na stiku zaboja s podlago.



Za pravilno narisane in poimenovane vse štiri sile (dolžine, smeri, prijemališča) (3 točke)
 Za pravilno narisani in poimenovani vlečno silo in težo in pravilno razstavljeno težo . (1 točka)

Za pravilno narisano pravokotno silo podlage, ki uravnovesi pravokotno komponento teže (1 točka)
 Za pravilno narisano silo trenja (smer in velikost, upoštevano ravnovesje) (1 točka)

- (b) Koeficient trenja izračunamo iz razmerja dveh sil, sile trenja in pravokotne sile podlage, njegovo vrednost zaokrožimo na eno decimalno mesto,

$$k = \frac{F_t}{F_{p,\perp}} = \frac{30\text{ N}}{43\text{ N}} = 0,7.$$

Za pravilno izračunan koeficient trenja (zaokrožen na eno decimalno mesto) ... (1 točka)

- (c) Če isti zaboj vlečemo enakomerno in vzporedno s podlago po vodoravni podlagi, sta vlečna sila in sila trenja uravnovešeni (po velikosti enaki, po smeri nasprotni), $F_{0^\circ} = F_t$. Sila trenja meri $F_t = k \cdot F_{p,\perp}$. Na vodoravni podlagi sta uravnovešeni tudi pravokotna sila podlage in teža, $F_{p,\perp} = F_g = 50 \text{ N}$. Ker je koeficient trenja tak, kot na prvem klanecu, je $F_t = 0,7 \cdot 50 \text{ N} = 35 \text{ N}$. Vlečna sila je po velikosti enaka, $F_{0^\circ} = 35 \text{ N}$.

Za pravilno vlečno silo (3 točke)

Za pravilen sklep, da je vlečna sila po velikosti enaka sili trenja (1 točka)

Za pravilno silo trenja (1 točka)

Za pravilen sklep, da je pravokotna sila podlage po velikosti enaka teži (1 točka)

- (d) Če je naklon klanca drugačen, se spremenita velikosti obeh komponent teže, zato se spremenijo tudi pravokotna sila podlage, sila trenja in vlečna sila. Lahko ponovimo načrtovanje pri novem naklonskem kotu klanca, lahko pa se namesto tega spomnimo, da je $60^\circ = 90^\circ - 30^\circ$. To pomeni, da se pri nespremenjeni teži pri njenem razstavljanju ravno zamenjata velikosti komponent. Pri kotu 30° je merila pravokotna komponenta teže 43 N , pri kotu 60° pa meri toliko vzporedna komponenta teže, $F_{g,\parallel} = 43 \text{ N}$. Pri kotu 30° je merila vzporedna komponenta teže 25 N , pri kotu 60° pa meri toliko pravokotna komponenta teže, $F_{g,\perp} = 25 \text{ N}$. Pravokotna sila podlage uravnovesi pravokotno komponento teže, $F_{p,\perp} = F_{g,\perp} = 25 \text{ N}$. Izračunamo silo trenja, $F_t = k \cdot F_{p,\perp} = 0,7 \cdot 25 \text{ N} = 17,5 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$. Vlečna sila uravnovesi vsoto trenja in vzporedne komponente teže, $F_{60^\circ} = F_t + F_{g,\parallel} = 17,5 \text{ N} + 43 \text{ N} = 60,5 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$.

Za pravilno vlečno silo (3 točke)

Za pravilni velikosti obeh komponent teže in pravilno pravokotno silo podlage (uravnovešeno pravokotno komponento teže) (1 točka)

Za pravilno velikost sile trenja (1 točka)

Za pravilen sklep, da vlečna sila uravnovesi silo trenja in vzporedno komponento sile teže (1 točka)

- (e) Naklon klanca $89,999^\circ$ pomeni navpično steno. Zaboj vlečemo ob steni navgor. Trenja ni – ker zaboj ne deluje na steno s silo v smeri, pravokotni na steno –, vlečna sila uravnovesi težo zaboja, $F_{90^\circ} = F_g = 50 \text{ N}$.

Za pravilno vlečno silo (1 točka)

- (f) V koordinatni sistem vnesemo točke, ki so že izračunane: velikosti vlečne sile pri naklonih klanca $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ in 90° . Točke povežemo z gladko krivuljo, ki ima blizu $\alpha = 60^\circ$ maksimum.

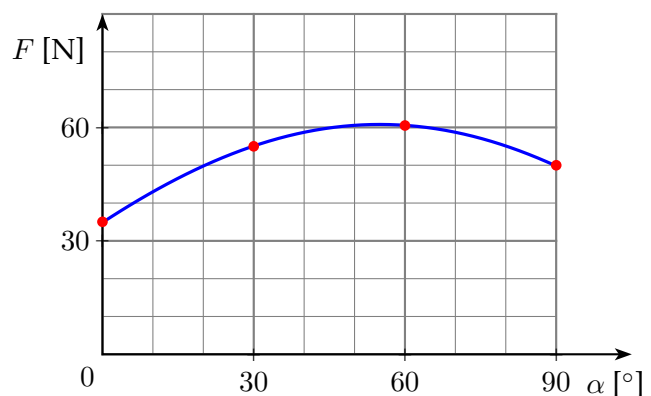
Za v celoti pravilno narisani graf

..... (3 točke)

Za pravilno obliko grafa (z maksimumom) (1 točka)

Za pravilno vnešene 4 točke (1 točka)

Za sklenjeno gladko krivuljo skozi (v bližini) točk (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

$$\begin{aligned}\Delta W_p &= W_{p,A} - W_{p,\text{start}} = m \cdot g \cdot (h_A - h_{\text{start}}) = -m \cdot g \cdot h_0 = \\ &= -104 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9 \text{ m} = -9360 \text{ J}.\end{aligned}$$

Filipova potencialna energija se zmanjša.

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

Za pravilno velikost spremembe potencialne energije (1 točka)

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

$$W_{k,A} = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} 104 \text{ kg} \cdot \left(13,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 9477 \text{ J}.$$

Za pravilno izračunano kinetično energijo (1 točka)

- (c) Delo (povprečne) zaviralne sile $F_u = 35 \text{ N}$ na $s_0 = 18 \text{ m}$ dolgem klanecu 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, pravi 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

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

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

$$\begin{aligned}W_{k,\text{start}} &= W_{k,A} + W_{p,A} - W_{p,\text{start}} + |A| = W_{k,A} + \Delta W_p + |A| = \\ &= 9477 \text{ J} - 9360 \text{ J} + 630 \text{ J} = 747 \text{ J}.\end{aligned}$$

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 pravi izraz za spremembo mehanske energije, pravi – vključno s predznakom – upoštevano delo (1 točka)

Za pravilno vrednost kinetične energije (1 točka)

Za pravi 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,

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

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,

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

Upoštevamo, da velja $\Delta W_{p,start \rightarrow B} = A_{start \rightarrow B}$ 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 opazanje, 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**.