

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

8. 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
A	D	B	D	B

A1 V kratkovidnem očesu na mrežnici lahko nastane ostra slika (A). Osebe, ki so kratkovidne, brez očal dobro in ostro vidijo predmete, ki so dovolj blizu.

A2 Tolikšnje so poti, ki so jih opravili kolesarji v prikazanem časovnem intervalu:

$$\begin{aligned}
 s_{(A)} &= 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 30 \text{ s} = 300 \text{ m}, \\
 s_{(B)} &= 13 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 18 \text{ s} + 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 12 \text{ s} = 270 \text{ m}, \\
 s_{(C)} &= 16 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} + 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 20 \text{ s} = 280 \text{ m}, \\
 s_{(D)} &= 16 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 18 \text{ s} + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 12 \text{ s} = 408 \text{ m}.
 \end{aligned}$$

Najdaljšo pot je opravil kolesar, čigar odvisnost hitrosti od časa prikazuje (D).

A3 Največjo višino Lune namerita Miha in Jurij takrat, ko je Luna v njunih poldnevniških ravninah. Luna je v Jurijevi poldnevniški ravnini približno 6 ur preden jo istega dne ujame Mihova poldnevniška ravnina. Pravilna rešitev je (B).

A4 Ocenimo, da ima Tina 50 kg in da je ploščina odtisa, ki ga pusti, ko stoji bosa na prstih obeh nog na tleh, približno $S = 1 \text{ dm}^2$. Na tla pritiska s silo $F = 500 \text{ N}$ in tlakom

$$p = \frac{F}{S} = \frac{500 \text{ N}}{0,01 \text{ m}^2} = 50\,000 \text{ Pa} = 0,5 \text{ bar} = 500 \text{ mbar}. \quad (\text{D})$$

A5 Masa 72 ml vode je $m_v = 72 \text{ g} = 0,072 \text{ kg}$, masa etilnega alkohola pa

$$m_{ea} = \rho_{ea} \cdot V_{ea} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 345 \text{ ml} = 0,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 0,345 \text{ dm}^3 = 0,276 \text{ kg}.$$

Gostoto etilnega alkohola ρ_{ea} najdemo v tabeli gostot na listu s fizikalnimi obrazci. Masa zmesi je $m = m_v + m_{ea} = 0,348 \text{ kg}$, prostornina $V = 406 \text{ ml}$ in gostota

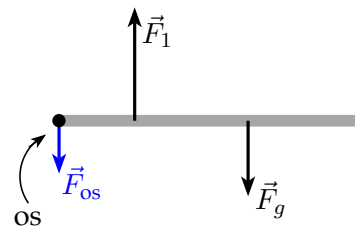
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,348 \text{ kg}}{0,406 \text{ dm}^3} = 0,857 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \quad (\text{B}).$$

Sklop B:

B1 (a) Iz zveze $F_1 \cdot r_1 = F_g \cdot r^*$ izrazimo oddaljenost težišča palice od osi

$$r^* = r_1 \cdot \frac{F_1}{F_g} = 12 \text{ cm} \cdot \frac{20 \text{ N}}{15 \text{ N}} = 16 \text{ cm}.$$

Palica miruje, torej so sile, ki delujejo nanjo, v ravnovesju. Navzgor jo vleče sila $F_1 = 20 \text{ N}$, navzdol teža $F_g = 15 \text{ N}$. Sila \vec{F}_{os} , ki deluje na palico v osi, je usmerjena navzdol (skupaj s težo uravnoveša silo \vec{F}_1) in meri $F_{os} = 5 \text{ N}$.

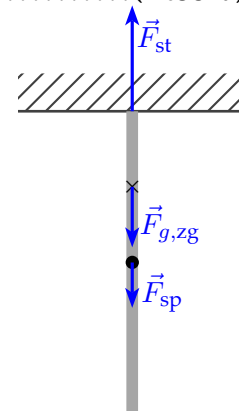


Za pravičen r^* (1 točka)

Za pravilno velikost F_{os} (1 točka)

Za pravilno smer in prijemališče \vec{F}_{os} (1 točka)

(b) Palici mirujeta, sile na palico so v ravnovesju. Na spodnjo palico deluje teža $F_{g,sp} = 15 \text{ N}$, ki jo uravnoveša navzgor usmerjena sila zgornje palice na spodnjo $F_{zg \rightarrow sp} = 15 \text{ N}$. Spodnja palica deluje na zgornjo palico s po velikosti enako, po smeri pa nasprotno (navzdol) usmerjeno silo $F_{sp} = 15 \text{ N}$. Na zgornjo palico delujeta še njena teža $F_{g,zg} = 20 \text{ N}$ (navzdol) in sila stropa $F_{st} = 35 \text{ N}$ (navzgor), ki uravnoveša vsoto sil $\vec{F}_{g,zg} + \vec{F}_{sp}$.



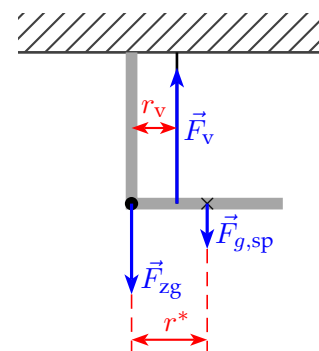
Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile spodnje palice \vec{F}_{sp} (1 točka)

Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile stropa \vec{F}_{st} (1 točka)

(c) Na spodnjo palico deluje v smeri navzdol njena teža $F_{g,sp} = 15 \text{ N}$, ki prejme v težišču spodnje palice. Težišče je od krajišča, ki je vrtljivo vpeto v zgornjo palico, oddaljeno $r^* = 15 \text{ cm}$. V oddaljenosti $r_v = 5 \text{ cm}$ deluje na palico v smeri navzgor sila vrvice \vec{F}_v . Spodnja palica miruje, velja $F_{g,sp} \cdot r^* = F_v \cdot r_v$, odkoder dobimo velikost sile vrvice

$$F_v = F_{g,sp} \cdot \frac{r^*}{r_v} = 15 \text{ N} \cdot \frac{15 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 45 \text{ N}.$$

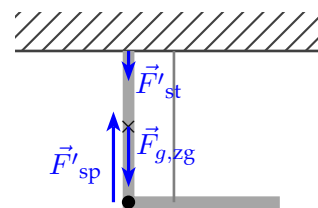
Spodnja palica miruje. V krajišču, ki je vrtljivo vpeto v zgornjo palico, deluje na spodnjo palico sila zgornje palice, ki je usmerjena navzdol. Skupaj s težo spodnje palice uravnoveša silo vrvice in meri $F_{zg} = 30 \text{ N}$.



Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile vrvice \vec{F}_v (1 točka)

Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile zgornje palice \vec{F}_{zg} (1 točka)

- (d) Sila \vec{F}'_{sp} , s katero spodnja palica deluje na zgornjo, je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna sili \vec{F}'_{zg} (glej sliko pri (c)), s katero zgornja palica deluje na spodnjo, $F'_{sp} = 30$ N, usmerjena je navzgor. Na zgornjo palico delujeta še njena teža $F_{g,zg} = 20$ N (navzdol) in sila stropa \vec{F}'_{st} . Zgornja palica miruje, sile nanjo so v ravnovesju. Sila stropa je usmerjena navzdol, skupaj s težo zgornje palice uravnoveša silo spodnje palice \vec{F}'_{sp} . Za velikosti sil velja zveza $F'_{sp} = F_{g,zg} + F'_{st}$. Sila stropa meri $F'_{st} = 10$ N.



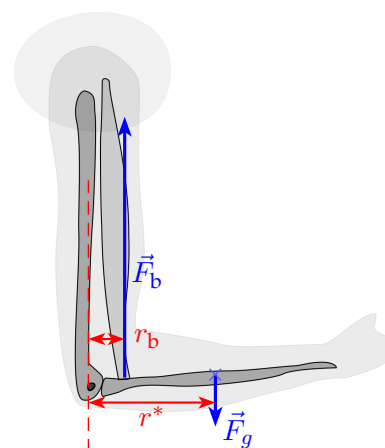
Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile spodnje palice \vec{F}'_{sp} (1 točka)

Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile stropa \vec{F}'_{st} (1 točka)

- (e/i) Na del roke od komolca do dlani na razdalji $r^* = 15$ cm od komolčnega sklepa (na polovici dolžine roke od komolca do dlani) deluje teža $F_g = 15$ N v smeri navzdol, v smeri navzgor pa deluje na razdalji $r_b = 3$ cm sila bicepsa F_b . Roka miruje, velja $F_g \cdot r^* = F_b \cdot r_b$. Iz znanih vrednosti izračunamo silo bicepsa na koželjnico,

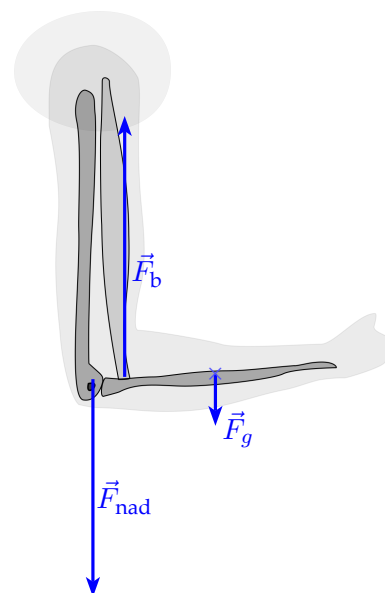
$$F_b = F_g \cdot \frac{r^*}{r_b} = 15 \text{ N} \cdot \frac{15 \text{ cm}}{3 \text{ cm}} = 75 \text{ N}.$$

Za pravilno silo bicepsa F_b (1 točka)



- (e/ii) Roka od komolca do dlani miruje, sile nanjo (teža, sila bicepsa in sila nadlahtnice) so v ravnovesju. Sila bicepsa je večja od teže roke in sklepamo, da nadlahtnica v komolcu koželjnico dodatno potiska navzdol. Za velikosti sil velja zveza $F_b = F_g + F_{nad}$. Nadlahtnica v komolčnem sklepu deluje na koželjnico v smeri navzdol s silo $F_{nad} = F_b - F_g = 60$ N.

Za pravilno silo nadlahtnice (velikost in smer) \vec{F}_{nad} (1 točka)



- (e/iii) Biceps je spodaj pripet na koželjnico, zgoraj pa na ramo. Biceps miruje. Nanj delujejo 3 sile: v smeri navzdol ga vlečeta koželjnica s silo $F_{k \rightarrow b} = F_b = 75$ N in teža $F_{g,b} = 10$ N. Navzgor ga vleče sila rame $\vec{F}_{r \rightarrow b}$, ki uravnoveša $\vec{F}_{k \rightarrow b}$ in $\vec{F}_{g,b}$ ter meri $F_{r \rightarrow b} = 85$ N. Sila bicepsa na ramo je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna: $F_{b \rightarrow r} = F_{r \rightarrow b} = 85$ N, biceps ramo vleče navzdol.

Za pravilno silo bicepsa na ramo (velikost in smer) $\vec{F}_{r \rightarrow r}$ (1 točka)

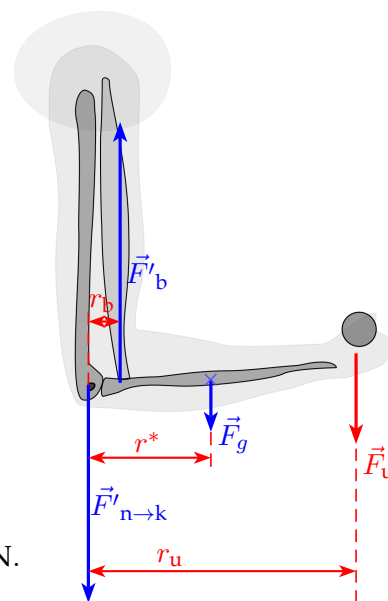
- (f) Ko v roko primeš utež, ki ima maso 3 kg, deluje na dlan sila uteži $F_u = 30\text{ N}$ v smeri navzdol. Sila uteži prijema (približno) na razdalji $r_u = 30\text{ cm}$ od komolčnega sklepa. Poleg sile uteži delujejo na del roke od komolca do dlani še teža \vec{F}_g (navzdol), sila bicepsa \vec{F}'_b (navzgor) in sila nadlahtnice $\vec{F}'_{n \rightarrow k}$ (navzdol). Na skici sile **niso** narisane v merilu.

Roka miruje. Prvi pogoj za ravnovesje se glasi

$$F'_b \cdot r_b = F_g \cdot r^* + F_u \cdot r_u,$$

odkoder izrazimo silo bicepsa

$$\begin{aligned} F'_b &= \frac{1}{r_b} \cdot (F_g \cdot r^* + F_u \cdot r_u) = F_g \cdot \frac{r^*}{r_b} + F_u \cdot \frac{r_u}{r_b} = \\ &= 15\text{ N} \cdot \frac{15\text{ cm}}{3\text{ cm}} + 30\text{ N} \cdot \frac{30\text{ cm}}{3\text{ cm}} = 75\text{ N} + 300\text{ N} = 375\text{ N}. \end{aligned}$$



S tolikšno silo deluje biceps spodaj na koželjnico (jo vleče navzgor), zgoraj pa na ramo še z 10 N večjo silo (zaradi lastne teže) $F_{b \rightarrow r} = 385\text{ N}$ (jo vleče navzdol).

Za pravilno silo bicepsa na ramo (velikost in smer) $\vec{F}'_{b \rightarrow r}$ (3 točke)

Za pravilno silo bicepsa na koželjnico F'_b (1 točka)

Za pravilno zapisan prvi pogoj za ravnovesje (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **15 točk**.

- B2** (a) Ko sta gladini živega srebra v krakih poravnani, je tlak zraka nad gladino v obeh krakih enak. Če je v odprtem kraku cevke manometra tlak 1 bar, je tolikšen tudi v zaprtem kraku cevke.
Za pravilen tlak (1 točka)

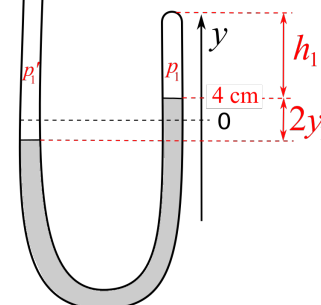
- (b) Ko se gladina živega srebra v zaprtem kraku cevke manometra dvigne na $y_1 = 4$ cm, je stolpec zraka v zaprtem kraku visok $h_1 = h_0 - y_1 = 24$ cm $- 4$ cm = 20 cm. Upoštevamo, da je produkt tlaka in prostornine zraka v zaprtem kraku cevke stalen, $p_1 \cdot V_1 = p_0 \cdot V_0$. Ko prostornini zraka v zaprtem kraku zapišemo kot $V_0 = S \cdot h_0$ in $V_1 = S \cdot h_1$, dobimo zvezo $p_0 \cdot h_0 = p_1 \cdot h_1$. Od tod izrazimo tlak p_1 v zaprtem kraku,

$$p_1 = p_0 \cdot \frac{h_0}{h_1} = 1 \text{ bar} \cdot \frac{24 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 1,2 \text{ bar}.$$

Za pravilen tlak (3 točke)

Za pravilno višino h_1 (1 točka)

Za zapisano zvezo $p \cdot h = p_0 \cdot h_0$ (1 točka)



- (c) Tlak v odprtem kraku manometra (cevki, povezani s posodo, v kateri merimo tlak) je p'_1 in je za hidrostatski tlak stolpca živega srebra, visokega $2 \cdot y_1 = 8$ cm, večji od tlaka p_1 . Gostoto živega srebra najdemo v tabeli gostot na listu s fizikalnimi obrazci, $\rho_{\text{Hg}} = 13\,550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Zapišemo z gostoto (ali pa s specifično težo $\sigma = \rho \cdot g$)

$$\begin{aligned} p'_1 &= p_1 + \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot y_1) = 1,2 \text{ bar} + 13\,550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,08 \text{ m} = \\ &= 1,2 \text{ bar} + 0,1084 \text{ bar} = 1,3084 \text{ bar} \approx 1,31 \text{ bar}. \end{aligned}$$

Za pravilen tlak (2 točki)

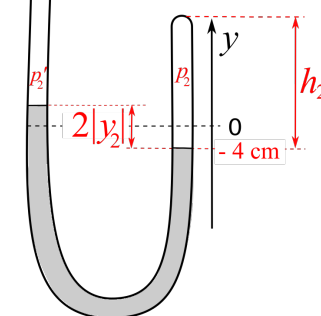
Za pravilno zvezo $p'_1 = p_1 + \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot y_1)$ (1 točka)

- (d) Ko se gladina živega srebra v zaprtem kraku cevke manometra spusti na $y_2 = -4$ cm, je stolpec zraka v zaprtem kraku visok $h_2 = h_0 + |y_2| = 24$ cm + 4 cm = 28 cm. Upoštevamo, da je produkt tlaka in prostornine (oziroma višine stolpca) zraka v zaprtem kraku cevke stalen, in dobimo zvezo $p_0 \cdot h_0 = p_2 \cdot h_2$. Od tod izrazimo tlak p_2 v zaprtem kraku,

$$p_2 = p_0 \cdot \frac{h_0}{h_2} = 1 \text{ bar} \cdot \frac{24 \text{ cm}}{28 \text{ cm}} = 0,857 \text{ bar} \approx 0,86 \text{ bar}.$$

Za pravilen tlak (2 točki)

Za pravilen h_2 (1 točka)



- (e) Tlak v odprtem kraku manometra (cevki, priključeni na posodo, v kateri merimo tlak) je p'_2 in je za hidrostatski tlak stolpca živega srebra, visokega $2 \cdot |y_2| = 2 \cdot y_1 = 8$ cm, manjši od tlaka p_2 . Zapišemo

$$p'_2 = p_2 - \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot |y_2|) = 0,857 \text{ bar} - 0,1084 \text{ bar} = 0,749 \text{ bar} \approx 0,75 \text{ bar}.$$

Za pravilen tlak (2 točki)

Za pravilno zvezo $p'_2 = p_2 - \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot |y_2|)$ (1 točka)

- (f) V zaprtem kraku manometra je najmanjši možen tlak p_z (C) večji od 0 bar. V zaprtem kraku je vedno zrak, tlak plina pa je vedno pozitiven. V odprtem kraku je najmanjši možen tlak p_o (B) enak 0 bar. Iz odprtega kraka lahko izčrpamo ves zrak. Če plina v kraku ni, je tlak 0.

Za pravilen najmanjši p_z (C) (1 točka)

Za pravilen najmanjši p_o (C) (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **12 točk**.

C Eksperimentalna naloga

Vsi tekmovalci so imeli identične pripomočke.

- (a) Meritve nihajnih časov nihala s kroglico so v razpredelnici. Povprečje treh meritev 10 nihajnih časov izračunamo kot

$$\bar{t}_{10} = \frac{1}{3} \cdot (t_{10,1} + t_{10,2} + t_{10,3}) = \frac{1}{3} \cdot (10,19 \text{ s} + 10,15 \text{ s} + 10,34 \text{ s}) = 10,23 \text{ s}.$$

Lastni nihajni čas nihala je desetina \bar{t}_{10} , $t_0 = 1,023 \text{ s}$. Lastna frekvenca nihala s kroglico je

$$\nu_0 = \frac{1}{t_0} = \frac{1}{1,023 \text{ s}} = 0,98 \frac{1}{\text{s}} = 0,98 \cdot \text{s}^{-1}$$

meritve			izračuni		
t_{10} [s]	t_{10} [s]	t_{10} [s]	\bar{t}_{10} [s]	t_0 [s]	ν_0 [$\frac{1}{\text{s}}$]
10,19	10,15	10,34	10,23	1,023	0,98

Za tri meritve, povprečje in pravi nihanjski čas (1 točka)

Za pravilno izračunano lastno frekvenco (1 točka)

- (b) Amplituda nihanja nihala s kroglico se zmanjša na polovico v približno 4 ± 2 nihajih.

Za pravi odgovor (1 točka)

- (c) Meritve nihajnih časov t_{10} ter amplitud vsiljevanja x_v in nihanja x_0 so v delu (c) razpredelnice.

Za vsaj 8 pravih in dovolj natančnih meritev, vsaj 3 nad in vsaj 3 pod resonanco (7 točk)

Za vsaj 3 nad resonanco .. (2 točki)

Za vsaj 3 pod resonanco . (2 točki)

Za najmanjšo frekvenco pod $0,65 \text{ s}^{-1}$ (1 točka)

Za največjo frekvenco nad $1,15 \text{ s}^{-1}$ (1 točka)

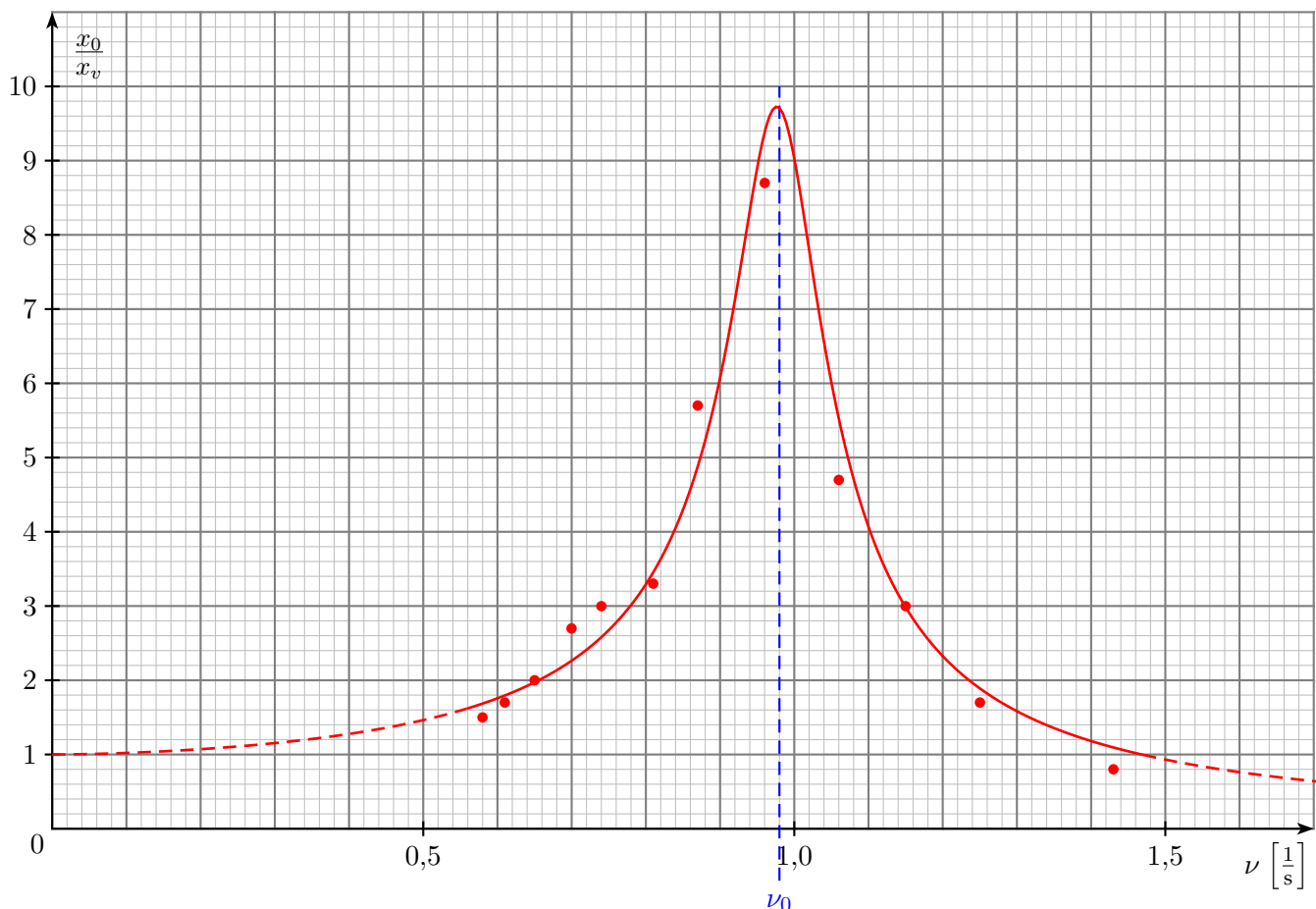
- (d) V delu (d) razpredelnice so izračunane frekvence ν in razmerja med amplitudama nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$.

Za vsaj 7 pravih izračunanih frekvenc (1 točka)

Za vsaj 7 pravih izračunanih razmerij (1 točka)

(c)			(d)	
t_{10} [s]	x_v [cm]	x_0 [cm]	ν [$\frac{1}{\text{s}}$]	$\frac{x_0}{x_v}$
17,19	1	1,5	0,58	1,5
16,37	1,5	2,5	0,61	1,7
15,32	1,25	2,5	0,65	2,0
14,31	1,5	4	0,70	2,7
13,53	1,5	4,5	0,74	3,0
12,35	1,5	5	0,81	3,3
11,44	1,5	8,5	0,87	5,7
10,44	1,5	13	0,96	8,7
9,41	1,5	7	1,06	4,7
8,69	1,5	4,5	1,15	3,0
8,00	1,5	2,5	1,25	1,7
7,00	1	0,8	1,43	0,8

- (e) V koordinatnem sistemu je s sklenjeno rdečo črto narisana graf, ki prikazuje, kako je razmerje med amplitudama nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$ odvisno od frekvence nihanja ν .



Za v celoti pravilen graf (oznake osi, količine, enote), pravilno vnešenih vsaj 7 točk, gladko krivuljo in označeno lastno frekvenco (4 točke)

Za pravilne oznake osi, količine, enote, skale (1 točka)

Za pravilno vnešenih vsaj 6 točk (1 točka)

Za gladko krivuljo v bližini merskih točk (z vrhom) (1 točka)

- (f) Ko je frekvenca vsiljenega nihanja ν mnogo manjša od lastne frekvence nihala ν_0 – to pomeni, da zgornje krajišče nihala (in celotno nihalo) niha res počasi – kroglica temu gibanju sledi, giblje se z enako amplitudo kot zgornje krajišče vrvice. Razmerje amplitud nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$ se približuje številu 1, $\frac{x_0}{x_v} \rightarrow 1$ (od zgoraj; ni manjše od 1).

Za pravilno število (2 točki)

- (g) Ko je frekvenca vsiljenega nihanja ν mnogo večja od lastne frekvence nihala ν_0 – to pomeni, da zgornje krajišče nihala (in celotno nihalo) niha res hitro – kroglica temu gibanju ne more več slediti in se skoraj ne premika več. Razmerje amplitud nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$ se približuje številu 0, $\frac{x_0}{x_v} \rightarrow 0$ (od zgoraj).

Za pravilno število (2 točki)

- (h) V koordinatnem sistemu pri (e) je s črtkano črto dorisan graf pri velikih in majhnih frekvencah. Upoštevamo zapisane ugotovitve pri vprašanjih (f) in (g).

Za pravilno nadaljevanje pri majhnih frekvencah (1 točka)

Za pravilno nadaljevanje pri velikih frekvencah (1 točka)

- (i) Na začetku, ko spustimo utež iz skrajne lege, nihalo s kroglico niha neenakomerno – utripa. Niha s spremenljivo amplitudo, vmes se lahko skoraj ustavi. To dogajanje je še posebej izrazito, ko je frekvenca vsiljenega nihanja zelo podobna lastni frekvenci nihala s kroglico. Utripanje (neenakomerno nihanje) nihala s kroglico traja vse dokler se lastno nihanje nihala s kroglico ne zaduši (kar se zgodi v približno 10 nihajih).

Nihalo z utežjo je bistveno manj dušeno in ga tudi nihanje lahkega nihala s kroglico skoraj nič ne moti.

Za pravilno opazanje(2 točki)

- (j) Kar veliko podrobnosti lahko opazimo, če pozorno opazujemo nihanje teh dveh nihali.
- Nihali nihata z isto frekvenco (ko lastno nihanje nihala s kroglico zamre).
 - Težko nihalo z utežjo vpliva na lahko nihalo s kroglico. Obratnega vpliva ne opazimo.
 - Lahko nihalo niha dušeno (njegovo lastno nihanje kmalu zamre), težko nihalo niha bistveno manj dušeno.
 - Frekvenca, s katero niha nihalo, ni odvisna od amplitude (pri majhnih amplitudah).
 - Ko ima nihalo daljšo vrvico, niha z daljšim nihajnim časom in z manjšo frekvenco ter obratno.
 - Nihali nihata sočasno, v *fazi* – se približno sočasno odmikata v isto stran –, ko je frekvenca nihanja manjša od lastne frekvence nihala s kroglico. Nihali nihata v *protifazi* – se približno sočasno odmikata v nasprotno stran –, ko je frekvenca nihanja večja od lastne frekvence nihala s kroglico. (2 točki)

Za 3 pravilna opazanja(3 točke)

Za posamezno pravilno opazanje(1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi C največ **26 točk**.