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

8. razred

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. Pravilni odgovori so:

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

A1 Pri prehodu iz zraka v steklo se svetloba lomi proti vpadni pravokotnici, se na zrcalu odbije po odbojnem zakonu ter se pri prehodu iz stekla v zrak lomi stran od vpadne pravokotnice. To zaporedje pravilno kaže slika (D).

A2 Šesta sekunda je med $t = 5$ s in $t = 6$ s. V tej sekundi Piki opravi pot $0{,}5$ m, torej je njegova hitrost enaka $\frac{1}{2}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A3 Diamant Koh-i-Nur ima maso $105{,}6 \cdot 0{,}2$ g $= 21{,}12$ g, kar je približno $\frac{1}{50}$ kg $= 20$ g.

A4 Vsota dveh sil je po velikosti manjša ali kvečjemu enaka (točno tedaj, ko sta sili vzporedni in kažeta v isto smer) vsoti velikosti obeh sil.

A5 Tasmanija je daleč pod ekvatorjem na južni polobli. Sonce gre tam čez nebo po severni strani. Simon, ki opazuje pot Sonca čez nebo, je zato obrnjen proti severu. Vzhod je na njegovi desni, zahod na levi. Sonce na celi Zemlji vzhaja na vzhodu in se čez dan pomika proti zahodu. Pravilno orientacijo in zaporedje kaže slika (D).

Sklop B:

B1 (a) Na žico obešamo uteži za 200 g, zato so sile, ki ustrezajo zaporednim meritvam, mnogokratniki 2 N. V razpredelnici pri (b) so zapisani rezultati meritev.

Pri silah F (prva vrstica) ni odstopanj v natančnosti, pri raztezkih x (druga vrstica) je tolerančno območje $\pm 0{,}005$ mm $= \pm 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ mm.

Za pravilno zapisane vse vrednosti sil (prva vrstica) .... (1 točka)

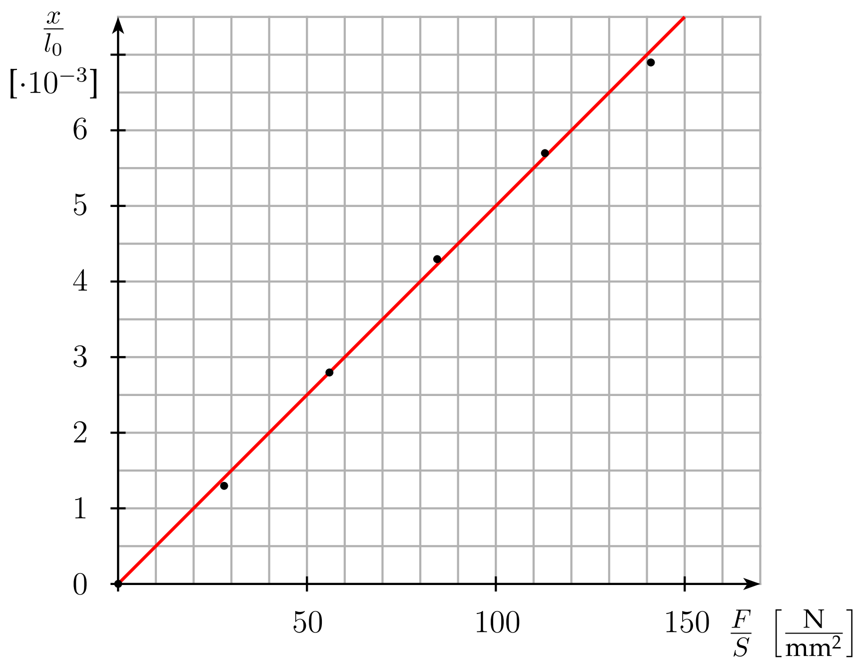
Za pravilno zapisanih vsaj 5 (od 6) vrednosti raztezkov (druga vrstica) .....(1 točka)

(b) Presek žice S in dolžino žice l_0 poznamo. Iz podatkov o raztezkih izračunamo natezni tlak $\frac{F}{S}$, najprikladneje v enoti $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (lahko pa tudi v kateri drugi, npr. $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$), in relativni raztezek $\frac{x}{l_0}$, v enoti $\frac{\text{mm}}{\text{m}}$ ali brezdimenzijski obliki, kot je zapisano v razpredelnici. Rezultati računov so v razpredelnici.

F [N]	0	2	4	6	8	10
x [mm]	0	0,275	0,575	0,88	1,17	1,42
$\frac{F}{S}$ $\left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}\right]$	0	28	56	84,5	113	141
$\frac{x}{l_0}$ $[\cdot 10^{-3}]$	0	0,13	0,28	0,43	0,57	0,69

Za pravilno enoto pri nateznem tlaku .... (1 točka)
Za pravilno enoto (ali brez enote) pri relativnem raztezku .... (1 točka)
Za pravilno izračunanih vsaj 5 (od 6) vrednosti nateznega tlaka (tretja vrstica, glede na lastne vrednosti sil F v prvi vrstici) .... (1 točka)
Za pravilno izračunanih vsaj 5 (od 6) vrednosti relativnega raztezka (četrta vrstica, glede na lastne vrednosti raztezkov x v drugi vrstici) .... (1 točka)
Natezni tlak in relativni raztezek sta zapisana na dve ali tri mesta natančno. Če je natančnost zapisanih vrednosti na pet ali več mest, se zapis šteje kot napačen. Pri relativnih raztezkih je tolerančno območje $\pm 0{,}000\,01 = \pm 0{,}01 \cdot 10^{-3}$.

(c) Graf, ki kaže, kako je relativni raztezek žice odvisen od nateznega tlaka v žici, je premica.



Za pravilen graf v celoti (tudi oznake osi, količini, enoti, skali) .... (3 točke)
Za pravilno obliko grafa (premica) .... (1 točka)
Za pravilen vnos (lastnih) izračunanih vrednosti v graf .... (1 točka)
Za pravilno oznako osi (količini, skali, enoti) .... (1 točka)

(d) Hookov zakon za žico lahko zapišemo tudi z izrazom

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{x}{l_0}\,.$$

Prožnostni modul žice E je koeficient premega sorazmerja med relativnim raztezkom žice $\frac{x}{l_0}$ in nateznim tlakom v žici $\frac{F}{S}$. Izračunamo ga iz grafa (c),

$$\begin{aligned} E &= \frac{F/S}{x/l_0} = \frac{F \cdot l_0}{S \cdot x} = \frac{150\,\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2 \cdot 0{,}75 \cdot 10^{-3}} = \\ &= 200\,000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2} \pm 10\,000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2} = 200\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{mm}^2} \pm 10\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{mm}^2}\,. \end{aligned}$$

Za pravilno vrednost E .... (3 točke)
Za pravilen velikostni red E v območju vrednosti med $150\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{mm}^2}$ in $250\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{mm}^2}$ . . (1 točka)
Za pravilen izraz za E ali $\frac{1}{E}$ (izražen iz Hookovega zakona) .... (1 točka)

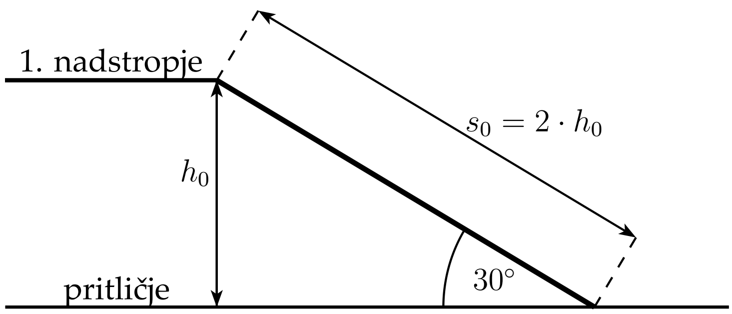
Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **12 točk**.

B2 (a) Stopnice (in babica z njimi) se spuščajo s hitrostjo (navpično komponento hitrosti) $v_{s,\downarrow} = 0{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Za $h_0 = 6$ m od 1. nadstropja do pritličja se babica spusti v času

$$t_b = \frac{h_0}{v_{s,\downarrow}} = \frac{6\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}{0{,}3\,\mathrm{m}} = 20\,\mathrm{s}.$$

Medtem, ko babica stoji na tekočih stopnicah in se z njimi spusti s 1. nadstropja do pritličja, opravi pot s_0. Če narišemo profil stopnic, dobimo polovico enakostraničnega trikotnika, kjer je s_0 enaka dolžini stranice, h_0 pa polovici dolžine stranice. Od tu dobimo $s_0 = 2 \cdot h_0 = 12$ m.

Lahko pa stopnice narišemo v merilu in določimo pot s_0 iz slike.



Za pravilno izračunan čas t_b .... (1 točka)
Za pravilno določeno pot s_0 .... (1 točka)

(b) Babica se giblje s hitrostjo, s katero se gibljejo tudi stopnice,

$$v_b = v_s = \frac{s_0}{t_b} = \frac{12\,\mathrm{m}}{20\,\mathrm{s}} = 0{,}6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

(Opazimo tudi, da je hitrost stopnic dvakrat tolikšna kot je hitrost stopnic v navpični smeri, $v_s = 2 \cdot v_{s,\downarrow}$.)

Za pravilno hitrost v_b .... (1 točka)

(c) Miha se glede na stopnice giblje s hitrostjo $v'_M = 0{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ proti izteku stopnic v pritličju. Njegova hitrost glede na mirujočo okolico v_M je vsota njegove hitrosti glede na stopnice v'_M in hitrosti stopnic v_s; $v_M = v'_M + v_s = 0{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 0{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Pot s_0 opravi v času

$$t_M = \frac{s_0}{v_M} = \frac{12\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}}{1\,\mathrm{m}} = 12\,\mathrm{s}.$$

Za pravilno izračunan čas t_M .... (2 točki)

Za pravilno določeno Mihovo hitrost glede na mirujočo okolico v_M (ali navpično komponento njegove hitrosti, ki je $0,5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$) ....(1 točka)

(d) Miha se glede na stopnice giblje s hitrostjo $v'_M = 0{,}4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, v navpični smeri pa to pomeni komponento hitrosti $v'_{M,\downarrow} = \frac{1}{2}\, v'_M = 0{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Ker meri ena stopnica v višino $20\ \mathrm{cm} = 0{,}2\ \mathrm{m}$, pomeni, da Miha v 1 s prehodi 1 stopnico, v času $t_M = 12$ s pa 12 stopnic.

Za pravilno izračunano število stopnic .... (1 točka)

(e) Če bi Miha po stopnicah tekel v nasprotno smer in prispel iz pritličja do 1. nadstropja v enakem času $t_M = 12$ s, bi morala biti njegova hitrost glede na mirujočo okolico po velikosti enaka kot v prejšnjem primeru, torej $v_M = 1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Če je v tem primeru njegova hitrost glede na stopnice v''_M, je njegova hitrost glede na mirujočo okolico $v_M = v''_M - v_s$. Od tu dobimo njegovo hitrost glede na stopnice,

$$v''_M = v_M + v_s = 1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 0{,}6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 1{,}6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,.$$

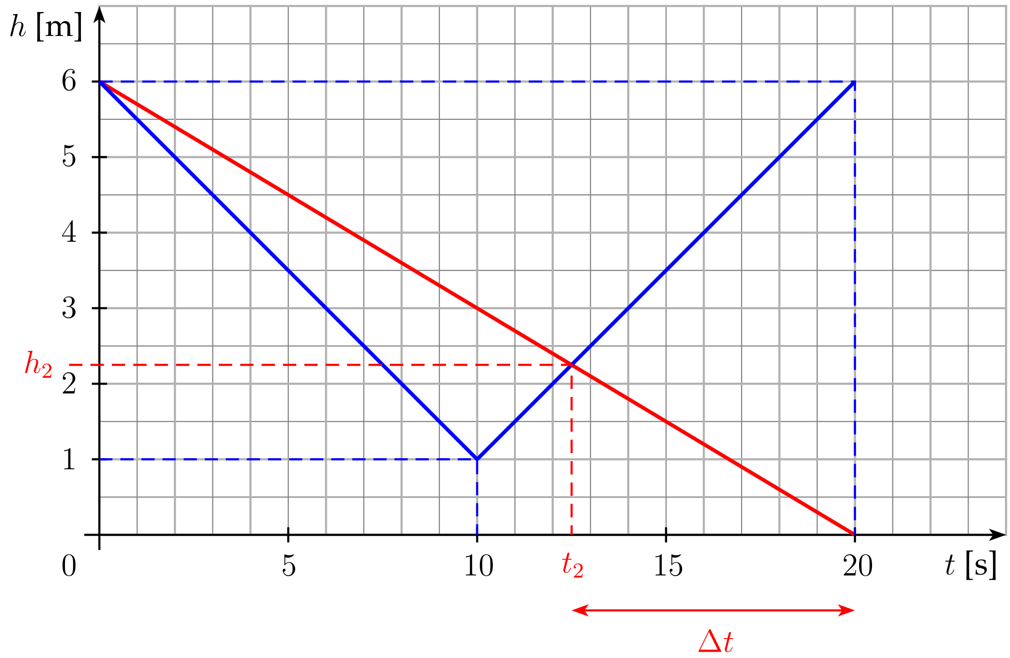
Za pravilno izračunano Mihovo hitrost glede na stopnice .... (2 točki)

Za pravilno ugotovitev, da je velikost Mihove hitrosti glede na mirujočo okolico enaka kot v prejšnjem primeru ....(1 točka)

(f) Miha se glede na stopnice giblje s hitrostjo $v''_M = 1{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, v navpični smeri pa to pomeni komponento hitrosti $v''_{M,\uparrow} = \frac{1}{2}\, v''_M = 0{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Ker meri ena stopnica v višino $20\ \mathrm{cm} = 0{,}2\ \mathrm{m}$, pomeni, da v 1 s prehodi 4 stopnice, v času $t_M = 12$ s pa $4 \cdot 12 = 48$ stopnic.

Za pravilno izračunano število stopnic .... (1 točka)

(g) Na sliki sta grafa, ki kažeta, kako se s časom spreminjata višini, na katerih sta babica (rdeča črta) in Miha (modra črta) od trenutka, ko sta v 1. nadstropju stopila na tekoče stopnice. Višina $h = 0$ je višina pritličja, višina $h_0 = 6$ m pa višina 1. nadstropja.



Za pravilna grafa v celoti (tudi oznake osi, količini, enoti, skali) .... (3 točke)

Za pravilen graf, ki kaže, kako se višina, na kateri je babica, spreminja s časom (premica) .... (1 točka)

Za pravilno obliko (simetrično) grafa, ki kaže, kako se višina, na kateri je Miha, spreminja s časom .... (1 točka)

(h) Iz grafa preberemo (ali pa na to sklepamo iz simetrije), da se Miha obrne ob času $t_1 = 10$ s. Tedaj je na višini $h_1 = 1$ m nad pritličjem. Na grafu ta dogodek označuje modra črtkana črta.

Za pravilna čas t_1 in višino h_1 .... (1 točka)

(i) Trenutek in višino, na kateri Miha teče mimo babice, lahko izračunamo na več načinov. Tu je opisan eden od njih.

Označimo z Δt čas, ki preteče od trenutka srečanja do trenutka $t_b = 20$ s, ko babica prispe v pritličje (Miha pa nazaj v 1. nadstropje). Ta čas je označen na grafu pri (g). V tem času se višini, na katerih sta babica in Miha, skupaj spremenita za h_0. V navpični smeri se babica in Miha gibljeta s hitrostima $v_{b,\downarrow} = 0{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ in $v_{M,\uparrow} = \frac{1}{2}\, v_M = 0{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Zapišemo lahko

$$v_{b,\downarrow} \cdot \Delta t + v_{M,\uparrow} \cdot \Delta t = (v_{b,\downarrow} + v_{M,\uparrow}) \cdot \Delta t = h_0 \,.$$

Od tu dobimo

$$\Delta t = \frac{h_0}{v_{b,\downarrow} + v_{M,\uparrow}} = \frac{6\,\mathrm{m}}{0{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 0{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = \frac{6\,\mathrm{m}}{0{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 7{,}5\,\mathrm{s}.$$

Miha teče mimo babice v trenutku $t_2 = t_b - \Delta t = 12{,}5$ s. Višina, na kateri je babica, se je do tega trenutka znižala za $\Delta h_b = v_{b,\downarrow} \cdot t_2 = 0{,}3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 12{,}5\ \mathrm{s} = 3{,}75$ m, kar pomeni, da sta ob t_2 babica in Miha na višini $h_2 = h_0 - \Delta h_b = 2{,}25$ m.

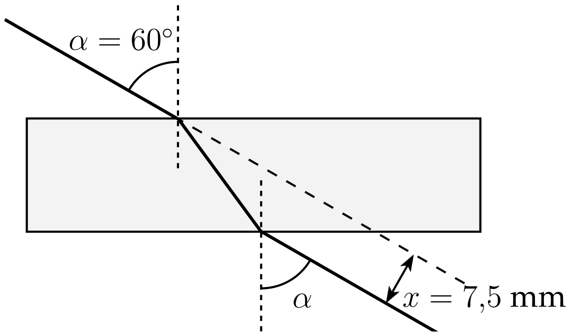
Za pravilno izračunan čas srečanja t_2 .... (1 točka)

Za pravilno izračunano višino h_2, kjer se babica in Miha srečata h_2 .... (1 točka)
Za pravilnozapisano zvezo, ki določa čas srečanja ali Δt .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **16 točk**.

Sklop C:

C (a) Na stekleni ploščici z debelino $d = 1{,}5$ cm se žarek vzporedno premakne za $x = 7{,}5$ mm $\pm\, 0{,}5$ mm.



Za pravilno narisano pot žarka (vpadni žarek in izstopni žarek sta vzporedna, premaknjena, lom v ploščici proti vpadni pravokotnici) .... (1 točka)

Za pravilen premik .... (1 točka)

(b) Izmerjeni premiki žarka x pri različnih vpadnih kotih α so zapisani v razpredelnici. Dovoljeno odstopanje je pri vsakem posameznem premiku $\pm\, 0{,}5$ mm.

α	$0°$	$15°$	$30°$	$45°$	$60°$	$75°$
x [mm]	0	1,5	3,0	5,0	7,5	11,0

Za 6 pravilnih meritev .... (3 točke)

Za vsaj 4 pravilne meritve .... (2 točki)

Za vsaj 2 pravilni meritvi .... (1 točka)

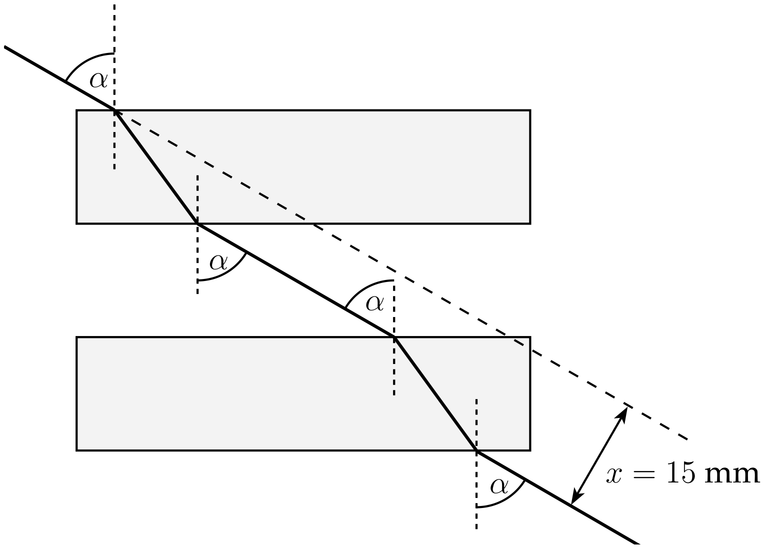
(c) Na ploščici z dvojno debelino $2d$ je tudi premik žarka dvakrat tolikšen kot je premik na ploščici z debelino d, torej $x = 15$ mm $\pm\, 1$ mm.

Za pravilen premik v mejah dovoljenega odstopanja .... (2 točki)

Za pravilen premik v mejah odstopanja, 2-krat tolikšnih, kot je dovoljeno (1 točka)

Za pravilen premik pri napačnem vpadnem kotu ($30°$**)** .... (1 točka)

(d) Zračna reža med vzporednima ploščicama ne spremeni premika žarka x, ki prehaja skozi obe ploščici. Ne glede na to, kolikšna je širina reže, je premik žarka $x = 15$ mm $\pm\, 1$ mm.

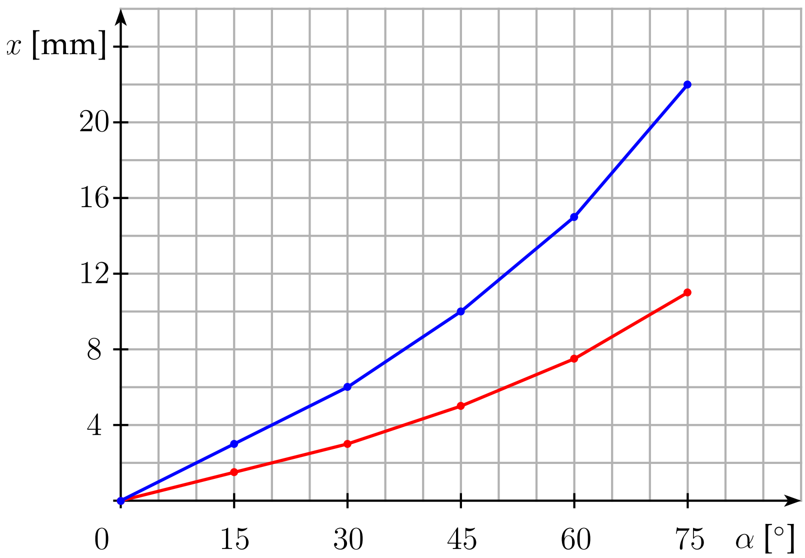


Za pravilen premik v mejah dovoljenega odstopanja .... **(2 točki)**

Za pravilen premik v mejah odstopanja, 2-krat tolikšnih, kot je dovoljeno . (1 točka)

Za pravilno narisano pot žarka (vpadni žarek, žarek v reži in izstopni žarek so vzporedni, premaknjeni, lom v ploščicah proti vpadni pravokotnici) .... **(1 točka)**

(e) Grafa kažeta, kako je premik žarka x pri prehodu skozi ploščici z debelino d (rdeč) in $2d$ (moder) odvisen od vpadnega kota α. Grafa nista linearna.



Za pravilna grafa v celoti (tudi oznake osi, količini, enoti, skali) .... **(3 točke)**

Za pravilen vnos točk iz razpredelnice pri vprašanju (b) .... (1 točka)

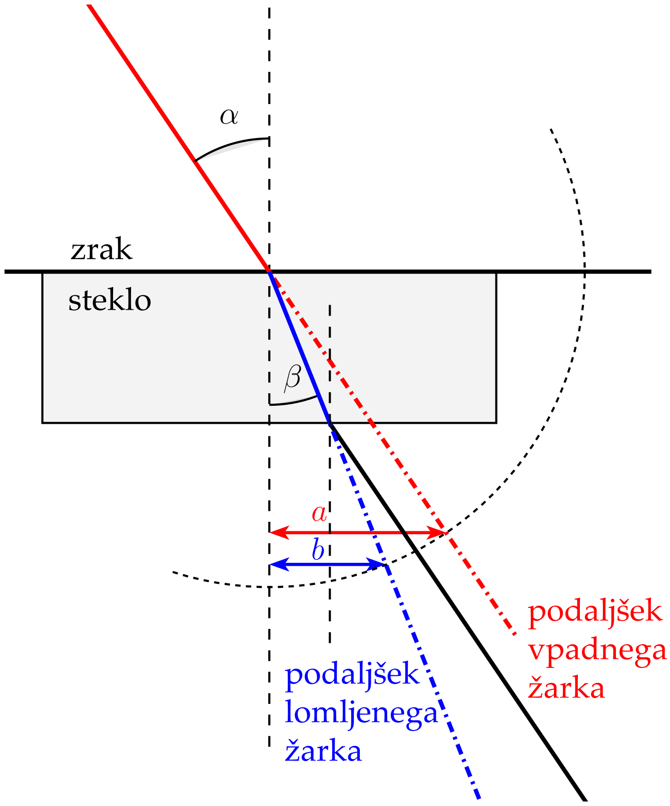
Za pravilno (gladko) krivuljo (nelinearno), ki povezuje izmerjene vrednosti pri debelini ploščice d .... (1 točka)

Za pravilno sklepanje (razvidno iz grafov), da so premiki pri dvojni debelini ploščice dvakrat tolikšni, kot pri enojni .... (1 točka)

(f) Da lahko izmerimo dolžini katet a in b moramo narisati podaljška vpadnega in lomljenega žarka. Najenostavneje je, če za določanje dolžini hipotenuz v obeh trikotnikih uporabimo krožnico, narisano na priloženem kotomeru. Za natančnost izvedbe meritve je pomembno, da je ploščica postavljena tako, da je ploskev, na katero vpada žarek, vzporedna vodoravnici, narisani na kotomeru, ter da žarek na ploščico vpada v središču kotomera. Meritve dolžin katet in račune lomnega količnika kaže razpredelnica.

Povprečni lomni količnik je $\bar{n} = 1{,}45 \pm\ 0{,}1$.

Dovoljeno odstopanje od $\bar{n}$ je pri vsakem posameznem lomnem količniku $\pm 0{,}1$.



α	a [mm]	b [mm]	n
$60°$	57	39	1,46
$75°$	64	45	1,42

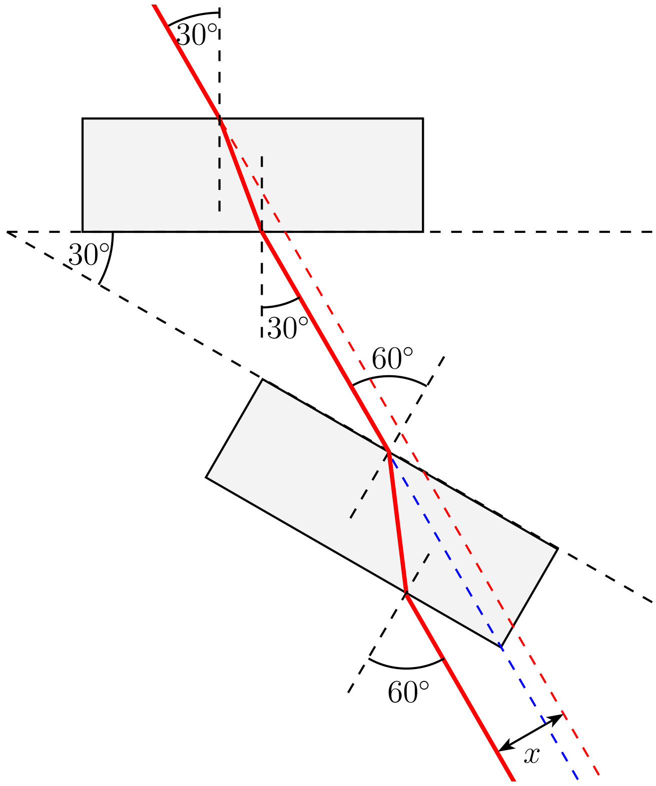
Za izmerjene vrednosti a in b, večje od 30 mm, ter $a > b$ .... (1 točka)

Za pravilno vrednost n v mejah dovoljenega odstopanja pri $\alpha = 60°$ .... (1 točka)

Za pravilno vrednost n v mejah dovoljenega odstopanja pri $\alpha = 75°$ .... (1 točka)

Za pravilno izračunan povprečni lomni količnik stekla $\bar{n}$ .... (1 točka)

(g) Slika kaže pot žarka pri prehodu skozi obe ploščici. Na prvo vpada pod vpadnim kotom $\alpha_1 = 30°$ (podano), na drugo pod vpadnim kotom $\alpha_2 = 60°$ (to je bilo potrebno ugotoviti). Celoten premik žarka x je vsota premikov, ki jih doživi na posamezni ploščici, $x = x_1(30°) + x_2(60°) = 10{,}5\ \text{mm} \pm 1\ \text{mm}$.

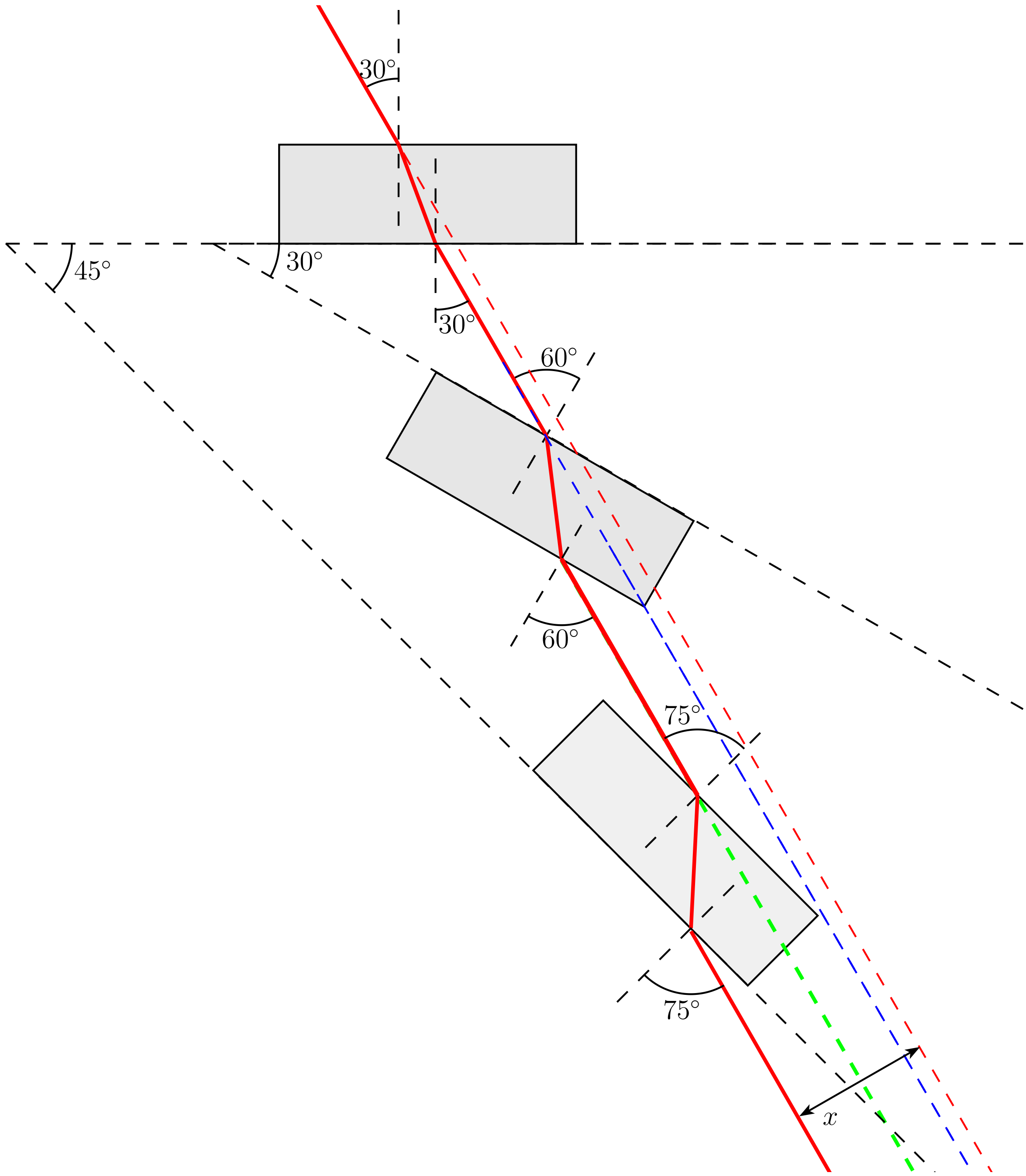


Za pravilno narisano pot žarka (vpadni žarek, žarek v klinasti reži in izstopni žarek so vzporedni, premaknjeni, lom v ploščicah proti vpadni pravokotnici) . . . (1 točka)

Za pravilen premik . . . . (1 točka)

(h) Primer, ko je tretja ploščica zasukana glede na drugo (za $\delta_2 = 15°$) v isto smer kot druga glede na prvo, kaže slika. Žarek se na poti skozi ploščice trikrat premakne; na prvih dveh ploščicah enako kot v primeru (g), na tretji, na katero vpada pod vpadnim kotom $\alpha_3 = 75°$ (kar je bilo potrebno ugotoviti), pa še za $x_3 = 11$ mm. Skupni premik je $x = x_1 + x_2 + x_3 = 21{,}5$ mm $\pm\, 1{,}5$ mm.

V primeru, ko je tretja ploščica zasukana v obratni smeri ($\delta_2 = -15°$), je vpadni kot žarka na tretjo ploščico $\alpha_3 = 45°$. V tem primeru je premik žarka $x_3 = 5{,}0$ mm in je skupni premik $x = 15{,}5$ mm $\pm\, 1{,}5$ mm.



Za pravilna oba premika pri $\delta_2 = 15°$ in $\delta_2 = -15°$ (glede na podatke v lastni razpredelnici pri (b)) ....(3 točke)

Za en pravilen premik pri $\delta_2 = 15°$ ali $\delta_2 = -15°$ .... (2 točki)

(i) Največji kot zasuka δ_2 tretje ploščice glede na prvo je tisti, pri katerem je vpadni kot žarka na tretjo ploščico α_3 največji možen, $90°$. Iz prejšnjih primerov vidimo, kako kot zasuka med ploščicama vpliva na vpadni kot žarka: vpadni kot žarka na naslednjo ploščico α_{i+1} je vsota vpadnega kota na prejšno ploščico α_i in kota med ploščicama δ_i, $\alpha_{i+1} = \alpha_i + \delta_i$, oziroma, za prvo in drugo ploščico $\alpha_2 = \alpha_1 + \delta_1 = 30° + 15° = 45°$, ter za drugo in tretjo ploščico $\alpha_3 = \alpha_2 + \delta_2$. Ko upoštevamo $\alpha_{3,max} = 90°$ in $\alpha_2 = 45°$ vidimo, da je $\delta_{2,max} = 45°$.

Za pravilen odgovor ....(1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **C** največ **23 točk**.