Rešitve in točkovanje nalog s tekmovanja iz fizike za zlato Stefanovo priznanje 2017/18

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	D	A	D

A1 Ob času $t = 0$ je koordinata lege $x = v \cdot 0 + x_0 = x_0 > 0$. S časom se koordinata lege x zmanjšuje, zato očitno velja $v < 0$. Pravilna rešitev je (C).

A2 Najdaljši svetli dan dneva junija traja enako kot najdaljši nočni del dneva decembra in najkrajši svetli dan dneva decembra traja enako kot najkrajši nočni del dneva junija. Najkrajša noč junija traja 7 ur (A), svetli del dneva je tedaj 10 ur daljši in traja 17 ur. Skupaj traja dan 7 ur + 17 ur = 24 ur.

A3 Iz grafa preberemo, da je polmer krožnice, po kateri se na vrtiljaku giblje Jurček, $R = 0{,}75$ m. Jurček opravi cel obhod v (obhodnem) času $t_o = 2$ s. Pot pri enem obhodu je $s_o = 2 \cdot \pi \cdot R = 4{,}71$ m in Jurčkova hitrost je (D) $v = \frac{s_o}{t_o} = 2{,}36\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

A4 Miles je naročil 2 sodčka ameriškega piva, kar je v litrih $V_p = 2 \cdot 31 \cdot 3{,}785$ litrov $= 234{,}7$ litrov. Pivo toči v angleške kozarce s prostornino 1 *angl.* pint, kar je v litrih $V_k = \frac{1}{8} \cdot 4{,}5461$ litra $= 0{,}568$ litra. Pivo s prostornino V_p natoči v

$$\text{(A)} \qquad N = \frac{V_p}{V_k} = \frac{234{,}71}{0{,}5681} = 413$$

angleških kozarcev za 1 pint.

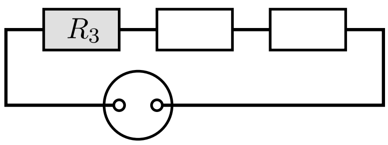
A5 Pravilna izjava je (D). Četrto žarnico lahko vežemo v krog tako, da se tok skozi vir bodisi poveča (če jo kateremukoli elementu ali elementom, ki so že v krogu, vežemo vzporedno) bodisi zmanjša (če jo vežemo zaporedno s katerimkoli elementom, ki je že v krogu).

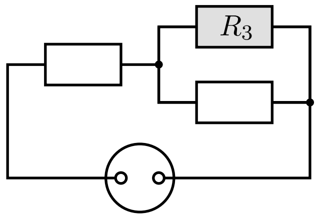
Sklop B:

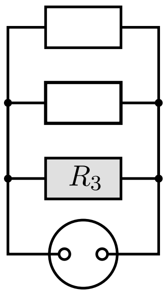
B1 (a) Upoštevamo povezavo med napetostma na porabnikih R_1 in R_3 in tokovoma skozi njiju, $U_1 = R_1 \cdot I_1 = R_1 \cdot 2 \cdot I_3 = U_3 = R_3 \cdot I_3$, odkoder dobimo $R_3 = 2 \cdot R_1 = 2 \cdot R = 200\,\Omega$.

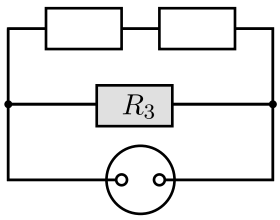
Za pravilno vrednost R_3 **.. (1 točka)**

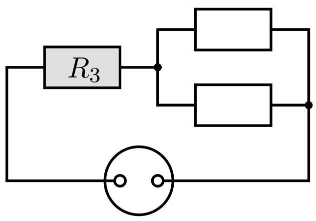
(b) Obstaja 6 različnih vezav 3 porabnikov, od katerih sta dva enaka. Vezave so na slikah od A do F.

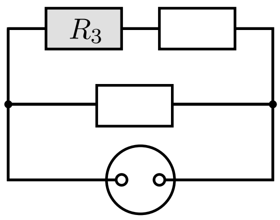
(A)


(D)


(B)


(E)


(C)


(F)


Razvidno mora biti, kateri porabniki so v vezjih vezani na določena mesta.

Za vseh 6 različnih vezav .... (3 točke)
Za 4 ali 5 različnih vezav .... (2 točki)
Za 3 različne vezave .... (1 točka)

(c) Največji tok teče skozi vir pri vezavi (B), ko so vsi 3 porabniki vezani vzporedno. Najmanjši tok teče skozi vir pri vezavi (A), ko so vsi 3 porabniki vezani zaporedno.

Za pravilno ugotovitev, pri kateri vezavi teče največji tok (glede na vezave, ki jih ima tekmovalec narisane) .... (1 točka)
Za pravilno ugotovitev, pri kateri vezavi teče najmanjši tok (glede na vezave, ki jih ima tekmovalec narisane) .... (1 točka)

(d) Ko je na vir priključen samo porabnik $R_1 = 100\,\Omega$, teče skozenj tok $I_0 = 180$ mA $= 0{,}18$ A, kar pomeni, da je na porabniku napetost

$$U_1 = R_1 \cdot I_0 = 100\,\Omega \cdot 0{,}18\,\mathrm{A} = 18\,\mathrm{V}.$$

To je v primeru, ko je na vir priključen samo ta porabnik, hkrati tudi napetost vira, $U_0 = 18$ V.

V vezju (B) so vsi porabniki na vir napetosti vezani vzporedno, kar pomeni, da je na vsakem od njih napetost 18 V. Skozi vsakega od (enakih) porabnikov R_1 in R_2 tečeta enaka tokova $I_1 = I_2 = I_0 = 180$ mA, skozi porabnik R_3 pa teče pol manjši tok $I_3 = 90$ mA. Tok skozi vir je vsota tokov skozi porabnike, $I_B = I_1 + I_2 + I_3 = 450$ mA.

V vezju (A) so vsi porabniki na vir napetosti vezani zaporedno, kar pomeni, da teče skozi vse - in vir - isti tok I_A. Napetosti na porabnikih R_1 in R_2 sta enaki, $U_1 = U_2 = R_1 \cdot I_A$. Napetost na porabniku R_3 je $U_3 = R_3 \cdot I_A = 2 \cdot R_1 \cdot I_A = 2 \cdot U_1$. Vsota napetosti na vseh 3 porabnikih je enaka napetosti vira, $U_0 = U_1 + U_2 + U_3 = 4 \cdot U_1$, odkoder dobimo napetost $U_1 = \frac{1}{4} U_0 = 4{,}5\,\mathrm{V}$. Iz napetosti U_1 lahko izračunamo tok I_A,

$$I_A = \frac{U_1}{R_1} = \frac{4{,}5\,\mathrm{V}}{100\,\Omega} = 0{,}045\,\mathrm{A} = 45\,\mathrm{mA}.$$

Za pravilno napetost vira .... (1 točka)
Za pravilen največji tok .... (1 točka)
Za pravilen najmanjši tok .... (1 točka)

(e) V vezju (C) sta enaka porabnika R_1 in R_2 vezana vzporedno, kar pomeni, da je na njiju ista napetost U_1 in da skozi njiju tečeta enaka tokova $I_1 = I_2$. Skozi porabnik R_3 teče isti tok kot skozi vir in ta tok je vsota tokov skozi porabnika R_1 in R_2; $I_3 = I_C = I_1 + I_2 = 2 \cdot I_1$. Napetost vira U_0 je vsota napetosti na porabnikih R_3 in R_1 (ali R_2): $U_0 = U_3 + U_1 = R_3 \cdot I_C + R_1 \cdot \frac{1}{2} I_C$, odkoder izrazimo tok I_C,

$$I_C = \frac{U_0}{R_3 + \frac{1}{2} R_1} = \frac{18\,\mathrm{V}}{250\,\Omega} = 0{,}072\,\mathrm{A} = 72\,\mathrm{mA}.$$

V vezju (D) sta različna porabnika R_1 in R_3 vezana vzporedno, kar pomeni, da je na njiju ista napetost. Tok I_3 skozi porabnik R_3 je polovica toka I_1 skozi R_1, $I_3 = \frac{1}{2} I_1$. Tok skozi vir in porabnik R_2 je vsota teh dveh tokov, $I_D = I_1 + I_3 = I_1 + \frac{1}{2} I_1 = \frac{3}{2} I_1$. Napetost vira U_0 je vsota napetosti na porabnikih R_2 in R_1 (ali R_3): $U_0 = U_2 + U_1 = R \cdot I_D + R \cdot I_1 = R \cdot \frac{3}{2} I_1 + R \cdot I_1 = R \cdot \frac{5}{2} I_1$, odkoder izrazimo tokova I_1 in I_D,

$$I_1 = \frac{U_0}{\frac{5}{2} R} = \frac{18\,\mathrm{V}}{250\,\Omega} = 0{,}072\,\mathrm{A} = 72\,\mathrm{mA} \qquad \text{in} \qquad I_D = \frac{3}{2} I_1 = 0{,}108\,\mathrm{A} = 108\,\mathrm{mA}.$$

V vezju (E) je na porabniku R_3 napetost $U_3 = U_0$ in skozenj teče tok $I_3 = 90$ mA. Enaka porabnika R_1 in R_2 sta vezana zaporedno, skozi njiju teče isti tok I_1 in na vsakem od njiju je polovica napetosti vira, $U_1 = \frac{1}{2} U_0$, zato skozi njiju teče pol tolikšen tok kot v primeru, ko je na enem od njiju cela napetost vira. Velja $I_1 = 90$ mA. Tok skozi vir je vsota obeh tokov, $I_E = I_3 + I_1 = 0{,}18$ A $= 180$ mA.

V vezju (F) je na porabniku R_1 napetost $U_1 = U_0$ in skozenj teče tok $I_1 = 180$ mA. Različna porabnika R_2 in R_3 sta vezana zaporedno, skozi njiju teče isti tok I_2. Napetost U_3 na porabniku R_3 je dvakrat tolikšna kot napetost U_2 na R_2, $U_3 = 2 \cdot U_2$. Vsota teh dveh napetosti je enaka napetosti vira, $U_0 = U_2 + U_3 = 3 \cdot U_2$. Ker je napetost U_2 na R_2 enaka tretjini napetosti vira, je tok I_2 skozi vejo, kjer sta zaporedno vezana R_2 in R_3 tretjina toka I_0; $I_2 = \frac{1}{3} I_0 = 0{,}06$ A $= 60$ mA. Tok skozi vir je vsota tokov I_1 in I_2, $I_F = I_1 + I_2 = 0{,}24$ A $= 240$ mA.

Za vse 4 pravilne tokove .... (4 točke)
Za vsak posamezni pravilni tok .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **13 točk**.

B2 (a) Mednarodna vesoljska postaja, ki se giblje na višini $h = 405$ km nad Zemljinim površjem, se giblje po krožnici s polmerom $r = R + h = 6371\,\mathrm{km} + 405\,\mathrm{km} = 6776\,\mathrm{km}$. Pri enem obhodu opravi pot

$$s = 2 \cdot \pi \cdot r = 6{,}28 \cdot 6776\,\mathrm{km} = 42\,575\,\mathrm{km}.$$

Za pravilno pot .... (1 točka)

(b) Hitrost, s katero se giblje ISS, izrazimo iz zapisane zveze med polmerom tirnice r in hitrostjo v,

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24}\,\mathrm{kg}}{\mathrm{kg}^2 \cdot 6776 \cdot 10^3\,\mathrm{m}}} = 7685\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 7{,}685\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}\,.$$

Za pravilno hitrost .... (2 točki)
Za pravilni izraz za hitrost .... (1 točka)

(c) Čas, ki ga ISS potrebuje za en obhod Zemlje, je

$$t_0 = \frac{s}{v} = \frac{42\,575\,\mathrm{km} \cdot \mathrm{s}}{7{,}685\,\mathrm{km}} = 5540\,\mathrm{s} = 92\,\mathrm{min}\,20\,\mathrm{s}.$$

En dan traja $t_{1dan} = 24 \cdot 60 \cdot 60$ s $= 86\,400$ s. V tem času ISS obkroži Zemljo

$$N = \frac{t_{1dan}}{t_0} = \frac{86\,400\,\mathrm{s}}{5540\,\mathrm{s}} = 15{,}6 - \mathrm{krat}.$$

Za pravilni odgovor .... (3 točke)
Za pravilni čas enega obhoda .... (1 točka)
Za pravilno upoštevano trajanje enega dneva .... (1 točka)

(d) Če naj bo geostacionarni satelit neprestano nad isto točko na ekvatorju, je čas, v katerem opravi satelit en obhod po svoji krožni tirnici, $t_{gs} = t_{1dan} = 1$ dan. (Če smo zelo natančni in upoštevamo, da se v enem dnevu tudi Zemlja premakne na svoji tirnici okoli Sonca, ugotovimo, da je čas, v katerem satelit opravi točno en obhod - 360° -, nekoliko krajši od 1 dneva - za približno 4 minute. Tega popravka v nadaljevanju ne bomo upoštevali.)

Za pravilni odgovor .... (1 točka)

(e) Geostacionarni satelit kroži po tirnici s polmerom r_{gs}, ki jo moramo izračunati. Pri enem obhodu opravi pot $s_{gs} = 2 \cdot \pi \cdot r_{gs}$.
Združimo dve zvezi za hitrost satelita, ki smo ju že zapisali ali uporabili,

$$v_{gs} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r_{gs}}} \qquad \text{in} \qquad v_{gs} = \frac{s_{gs}}{t_{gs}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{gs}}{t_{1dan}},$$

dobimo

$$\sqrt{\frac{G \cdot M}{r_{gs}}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{gs}}{t_{1dan}},$$

obe strani enačbe kvadriramo,

$$\frac{G \cdot M}{r_{gs}} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r_{gs}^2}{t_{1dan}^2},$$

izrazimo r_{gs},

$$r_{gs}^3 = \frac{G \cdot M \cdot t_{1dan}^2}{4 \cdot \pi^2}$$

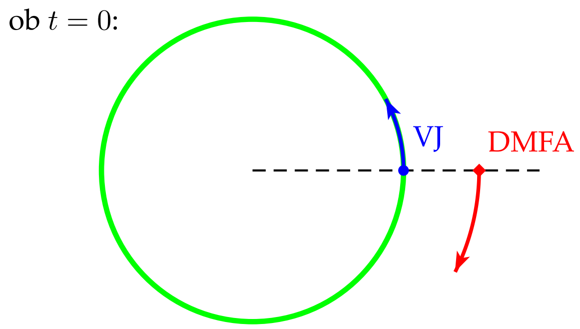
oziroma

$$r_{gs} = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot t_{1dan}^2}{4 \cdot \pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24}\,\mathrm{kg} \cdot (86\,400\,\mathrm{s})^2}{\mathrm{kg}^2 \cdot (6{,}28)^2}} =$$
$$= 42{,}3 \cdot 10^6\,\mathrm{m} = 42{,}3 \cdot 10^3\,\mathrm{km}.$$

Za pravilni odgovor .... **(4 točke)**
Za hitrost, izraženo s časom obhoda t_{1dan} in polmerom tirnice geostacionarnega satelita r_{gs} .... (1 točka)
Za pravilno izenačenje obeh izrazov za hitrost .... (1 točka)
Za delno pravilno obračanje enačb .... (1 točka)

(f) Satelit DMFA kroži v ekvatorski ravnini po tirnici, ki ima polmer enak polmeru tirnice ISS satelita $r = 6776\,\mathrm{km}$, s hitrostjo, ki je enaka hitrosti ISS satelita, $v = 7{,}685\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$. Pri enem celem obhodu opravi pot $s = 42\,575\,\mathrm{km}$.

V trenutku $t = 0$ je v zenitu nad Viktorijinim jezerom v Afriki, in ob času t_1 je ponovno v zenitu nad isto točko. Medtem se nekoliko zasuče tudi Zemlja, zato satelit DMFA do t_1 ne opravi celega obhoda (in poti s), ampak je njegova pot s_1 manjša od s za del poti



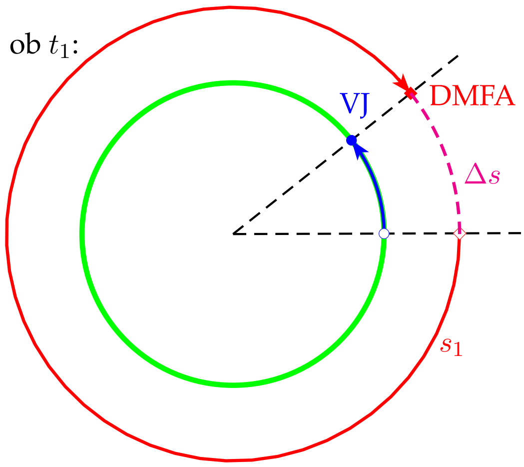
$$\Delta s = s \cdot \frac{t_1}{1\,\mathrm{dan}},$$

velja

$$s_1 = s - \Delta s = s - s \cdot \frac{t_1}{1\,\mathrm{dan}}.$$

Satelit DMFA se giblje s hitrostjo v in velja tudi

$$s_1 = v \cdot t_1.$$



Izenačimo oba izraza za s_1,

$$v \cdot t_1 = s - s \cdot \frac{t_1}{1\,\mathrm{dan}}$$

in izrazimo čas t_1,

$$t_1 = \frac{s}{v + \frac{s}{1\,\mathrm{dan}}} = \frac{42\,575\,\mathrm{km}}{7{,}685\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}} + \frac{42\,575\,\mathrm{km}}{1\,\mathrm{dan}}} = 5206\,\mathrm{s} = 86\,\mathrm{min}\,46\,\mathrm{s}.$$

Za pravilni čas t_1 .... **(3 točke)**
Za kvalitativno pravilno upoštevano vrtenje Zemlje (npr. jasno skico), zaradi česar je pot satelita krajša od s .... (1 točka)
Za pravilen izraz za skrajšano pot ali razliko poti, izraženo s časom za 1 Zemljin obrat (1 dan) .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **14 točk**.

C Eksperimentalna naloga

Vsi tekmovalci so imeli identične pripomočke. Rešitve so podane za primer, ko je razdalja med točkama A in B enaka $32{,}0 \pm 0{,}5$ cm.

(a) Teža telesa je $4{,}5$ N $\pm 0{,}2$ N.
Masa telesa je $0{,}45$ kg $\pm 0{,}02$ kg.

Za pravilno izmerjeno težo .... (1 točka)
Za pravilno določeno maso .... (1 točka)

(b) Pravilni odgovori na podvprašanja:

i. $F_A = 2{,}3$ N $\pm 0{,}2$ N.

Za pravilno določeno silo F_A .... (1 točka)

ii. $F_A = 3{,}3$ N $\pm 0{,}2$ N.

Za pravilno določeno silo F_A .... (1 točka)

iii. $F_A = 1{,}2$ N $\pm 0{,}2$ N.

Za pravilno določeno silo F_A .... (1 točka)

(c) Pravilni odgovori na podvprašanja:

i. V našem primeru je bila palica dolga $32{,}0$ cm $\pm 0{,}5$ cm.

$L = 32$ cm $\pm 0{,}5$ cm $F_A = 1{,}2$ N $\pm 0{,}2$ N

$r = 14$ cm $\pm 0{,}4$ cm $F_B = 3{,}4$ N $\pm 0{,}2$ N

Za pravilno izmerjeni razdalji .... (1 točka)
Za pravilno določeni sili .... (1 točka)

ii. Iz zapisane enačbe izrazimo F_g,

$$F_g = \frac{L}{2r} \cdot (F_B - F_A) = 2{,}4\,\mathrm{N} \pm 0{,}4\,\mathrm{N}.$$

Določimo maso 4 obročev, $m = 240$ g ± 40 g, in maso 1 obroča, $m_1 = 60$ g ± 10 g.

Za pravilno izraženo težo štirih obročev .... (1 točka)
Za pravilno izračunano maso enega obroča .... (1 točka)

iii. Maso izračunamo tako, da od mase telesa odštejemo maso obročev, $m_p = (450\,\mathrm{g} \pm 20\,\mathrm{g}) - (360\,\mathrm{g} \pm 40\,\mathrm{g}) = (90\,\mathrm{g} \pm 60\,\mathrm{g})$.

Za pravilno upoštevanje mase šestih obročev .... (1 točka)
Za pravilnoizračunano maso palice (ne ocenjeno) .... (1 točka)

(d) Pravilni odgovori na podvprašanja:

i. Graf

Za pravilno vrisani meritvi v graf za obe skrajni legi .... (1 točka)
Za pravilno izmerjene tri meritve in vrisane v graf .... (1 točka)
Za pravilno narisan in označen potek krivulje .... (1 točka)

ii. 1 obroč:

Za pravilno izmerjeni meritvi in vrisani v graf .... (1 točka)
Za pravilno narisan in označen potek krivulje .... (1 točka)

2 obroča:

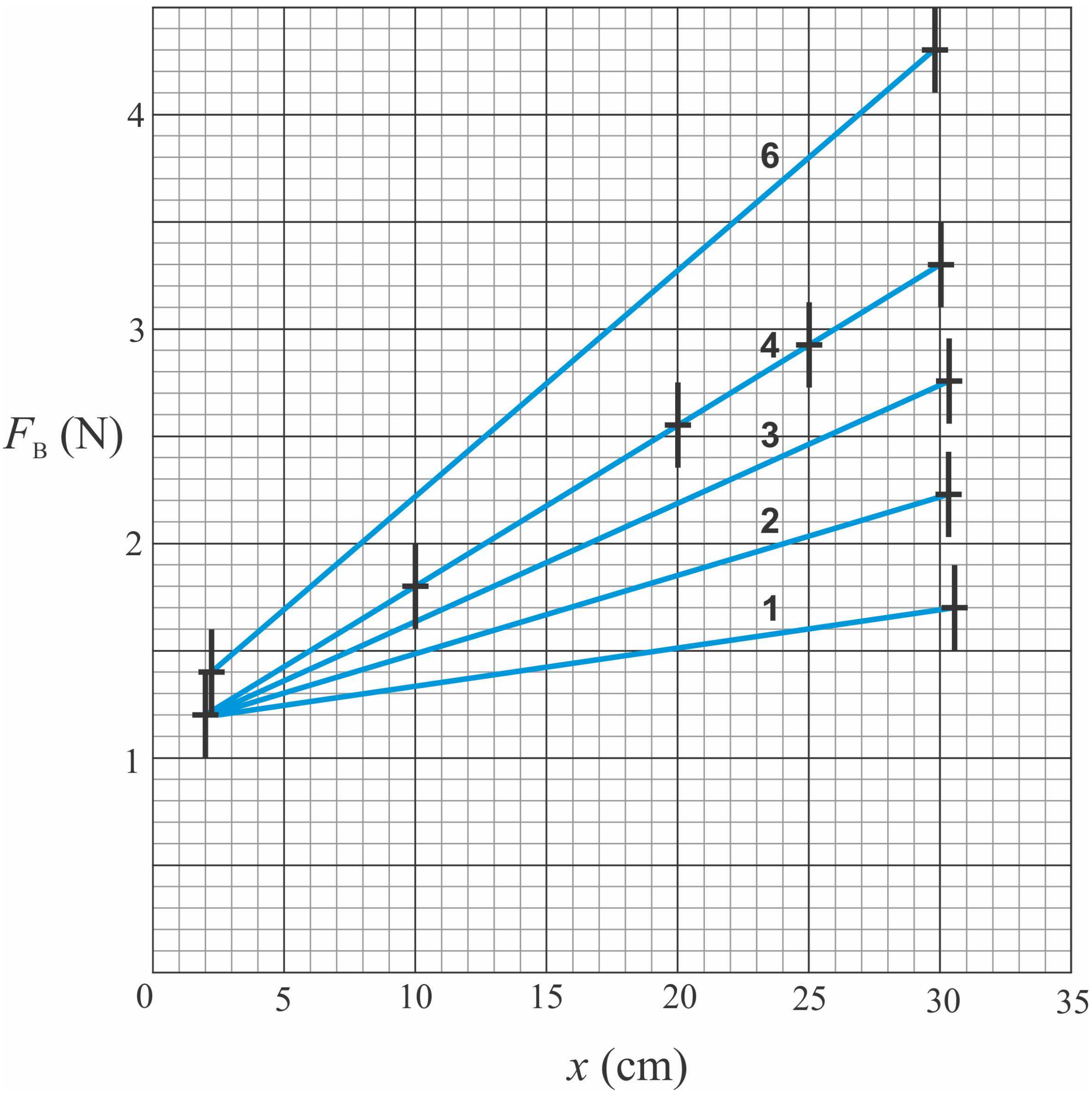
Za pravilno izmerjeni meritvi in vrisani v graf .... **(1 točka)**
Za pravilno narisan in označen potek krivulje .... **(1 točka)**

3 obroči:

Za pravilno izmerjeni meritvi in vrisani v graf .... **(1 točka)**
Za pravilno narisan in označen potek krivulje .... **(1 točka)**

iii. Teža palice s 6 obroči je $F' = F + 2 \cdot F_{g,1} = 4{,}5\,\mathrm{N} + 1{,}2\,\mathrm{N} = 5{,}7\,\mathrm{N} \pm 0{,}2\,\mathrm{N}$.
F je teža palice s 4 obroči, $F = 4{,}5\,\mathrm{N} \pm 0{,}2\,\mathrm{N}$.
$F_{g,1}$ je teža 1 obroča, $F_{g,1} = 0{,}6\,\mathrm{N} \pm 0{,}1\,\mathrm{N}$.

Za pravilno izračunano skupno težo .... **(1 točka)**
Za pravilno vrisano maksimalno silo F_B .... **(1 točka)**
Za pravilno vrisano minimalno silo F_B .... **(1 točka)**
Za pravilno narisan in označen potek krivulje .... **(1 točka)**



Tekmovalec dobi pri nalogi **C** največ **24 točk**.