dMFA

Rešitve in točkovanje nalog s tekmovanja iz fizike za zlato Stefanovo priznanje 2016/17

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, zapisani v preglednici. V preglednici so zapisani pravilni odgovori.

A1	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**
B	A	B	C	A

A1 Pri enakomerno pospešenem gibanju, kjer telo ob $t = 0$ miruje, in se potem enakomerno pospešuje s pospeškom a na poti s, je $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$. Za prvi in drugi avtomobil velja $v_1 = \sqrt{2 \cdot a_1 \cdot s}$ in $v_2 = \sqrt{2 \cdot a_2 \cdot s}$. Upoštevamo zvezo med pospeškoma $a_1 = 4 \cdot a_2$, ki jo vstavimo v izraz za v_1,

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot a_2 \cdot s} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot a_2 \cdot s} = 2 \cdot v_2 \,.$$

Hitrost prvega avtomobila je 2-krat tolikšna kot hitrost drugega avtomobila.

A2 Iz Stefanovega zakona izrazimo Stefanovo konstanto σ, izpišemo enote za količine v izrazu za σ in upoštevamo definicijo W,

$$\sigma = \frac{j}{T^4} \quad \longrightarrow \quad \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2 \cdot K^4} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot K^4}$$

A3 Zapišimo, kaj manjka ali kaj je odveč v nepravilnih izjavah.

(A) Sprememba kinetične energije žogice je enaka delu vseh zunanjih sil. K zunanjim silam, ki delujejo na žogico, sodi poleg zračnega upora tudi teža.

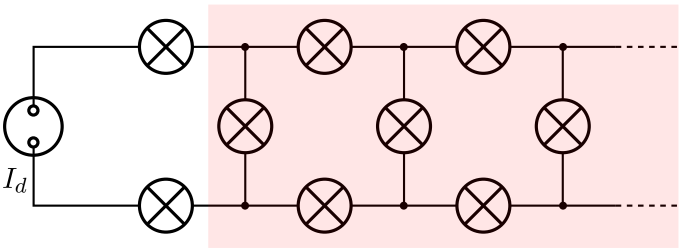
(C) Če na žogico ne delujejo druge zunanje sile, kot teža, je delo teže enako spremembi W_k žogice. A na to žogico deluje poleg teže tudi upor.

(D) Delo sile teže je (vedno) enako **negativni** spremembi potencialne energije.

Pravilna je izjava (B). Izrek o W_k in W_p pravi, da je delo vseh zunanjih sil razen teže enako spremembi vsote $W_k + W_p$. Edina zunanja sila, ki deluje na padajočo žogico poleg teže, je sila zračnega upora.

A4 Košček ledu se potem, ko ga spustimo, najprej giblje enakomerno pospešeno, od dna klanca na nasprotni breg pa enakomerno pojemajoče. Višina, na kateri je košček ledu, se s časom spreminja, kot kaže graf na sliki (C).

A5 Za tokove v vezjih (a), (b) in (c) velja $I_a < I_b < I_c$. Tok I_d je še manjši od toka I_a, ker sta v vezju (d) podobno kot v vezju (a) vezani dve žarnici zaporedno, poleg tega pa je v vezju (d) **zaporedno** s tema dvema žarnicama priključena še kombinacija zaporedno/vzporedno vezanih žarnic, na sliki obkrožena z rdečo. Ko v vezje dodamo porabnik (ali kombinacijo porabnikov) zaporedno, se tok skozi vir zmanjša.

(d) 

B1 (a) Upoštevamo, da lahko vodoravni met obravnavamo kot sestavljeno gibanje. Z višine $h_0 = 1{,}8$ m puščica do tal pada in prav toliko časa leti s hitrostjo $v_0 = 8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ tudi v vodoravni smeri čas

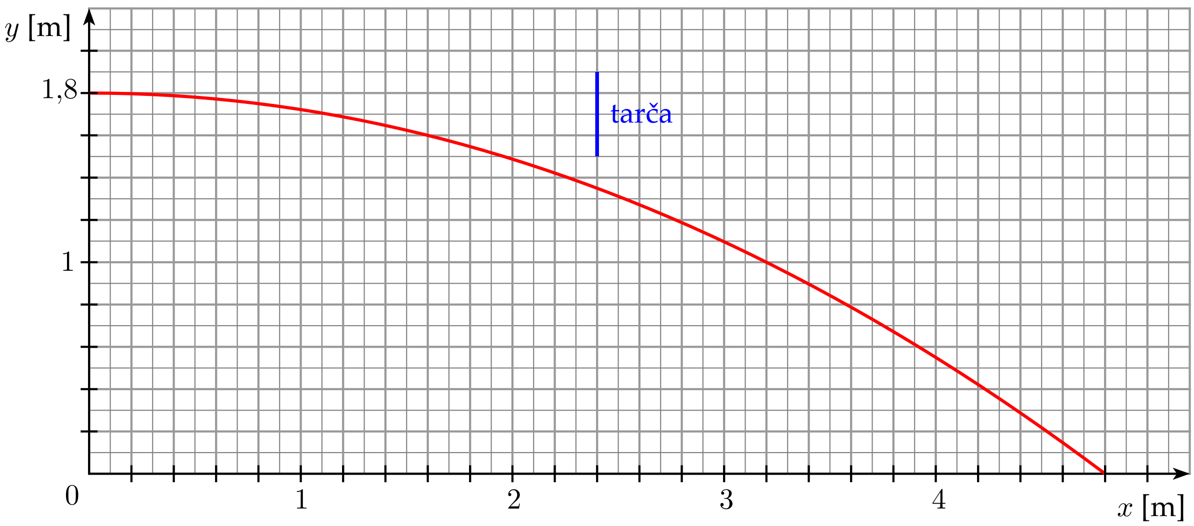
$$t_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}8\,\mathrm{m}\ \cdot\ \mathrm{s}^2}{10\,\mathrm{m}}} = 0{,}6\,\mathrm{s}\,.$$

V tem času se v vodoravni smeri premakne za

$$d_0 = v_0 \cdot t_0 = 8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 0{,}6\,\mathrm{s} = 4{,}8\,\mathrm{m}\,.$$

Za pravilen čas leta .... **(1 točka)**
Za pravilno razdaljo .... **(1 točka)**

(b) V koordinatnem sistemu je prikazan graf $y(x)$, ki kaže tir gibanja puščice za pikado.



Za pravilen graf v celoti (oznake osi, količine, enote, skale) .... **(2 točki)**
Za pravilno parabolično obliko grafa in oznake osi, količine, enote, skale .... (1 točka)

(c) Tarča je od strelca oddaljena $d_1 = 2{,}4$ m, kar je ravno polovica razdalje d_0. Lega tarče je označena v koordinatnem sistemu pri (b). Puščica leti do tarče (ali stene) čas t_1, ki je polovica časa t_0; $t_1 = 0{,}3$ s. V tem času puščica pade v navpični smeri za

$$\Delta y_0 = \frac{1}{2}\,g \cdot t_1 = \frac{1}{2} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}3\,\mathrm{s}\ = 0{,}45\,\mathrm{m}\ = 45\,\mathrm{cm}\,.$$

Središče tarče je na višini 1,7 m nad tlemi, spodnji rob tarče, ki ima premer 40 cm, je na višini 1,5 m nad tlemi. To je 30 cm nižje od višine, s katere je strelec vrgel puščico. Puščica zgreši spodnji rob tarče za 15 cm, sredino tarče pa za 35 cm.

Za pravilno vrisano tarčo .... **(1 točka)**
Za pravilno razdaljo od središča tarče (35 cm) .... **(2 točki)**
Za pravilen čas leta in pravilen Δy_0 .... (1 točka)

(d) Sredinski krog na tarči ima premer 4 cm. Zgornji rob sredinskega kroga je za $\Delta y_1 = 8$ cm nižje od višine h_0, s katere strelec vrže puščico, spodnji rob sredinskega kroga pa je za $\Delta y_2 =$ 12 cm nižje od višine h_0. V dvem mejnih primerih, ko puščica zadene zgornji ali spodnji rob sredinskega kroga, pade med letom za najmanj Δy_1 in največ za Δy_2. Čas padanja je v obeh primerih podan z

$$t_{1,2} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta y_{1,2}}{g}} \, .$$

Obenem mora v tem istem času (v enem ali drugem primeru) puščica preleteti tudi vodoravno razdaljo d_1. Mejni hitrosti, s katerima se giblje puščica v vodoravni smeri, sta

$$v_{1,2} = \frac{d_1}{t_{1,2}} = d_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta y_{1,2}}{g}} \, .$$

Vstavimo podatke za Δy_1 in Δy_2 v obeh mejnih primerih in izračunamo, da sta mejni hitrosti puščice (največja in najmanjša) pri metu v vodravni smeri enaki $v_1 = 19{,}0\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ in $v_1 = 15{,}5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Za pravilni obe hitrosti .... **(2 točki)**

Za pravilen izraz o času leta .... (1 točka)

(e) Kot je opisano pri vprašanju, strelec vrže puščico z višine h_0, in ker je tarča prestavljena 10 cm višje in ker jo puščica zadene na sredini, to pomeni, da je višina, na kateri puščica svoj let konča, tudi h_0. To je najpreprostejši primer poševnega meta.

Pri poševnem metu ima puščica v vodoravni smeri hitrost v_x (komponento celotne hitrosti v vodoravni smeri), ki je stalna. Ker je hitrost puščice v vodoravni smeri enaka $v_x = v_0 = 8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, traja celotni let puščice do tarče (ki je enako daleč kot prej) čas $t_1 = 0{,}3$ s. Prvo polovico časa leta se puščica dviga, drugo polovico leta puščica pada.

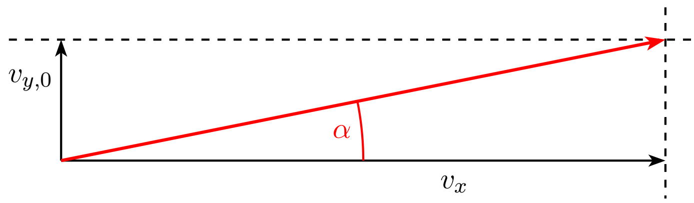
Hitrost puščice v navpični smeri v_y (komponenta celotne hitrosti v navpični smeri) pa se spreminja enako kot pri navpičnem metu navzgor, $v_y = v_{y,0} - g \cdot t$. V času $\frac{t_1}{2}$ se hitrost v navpični smeri zmanjša na 0, zapišemo lahko

$$v_{y,0} = g \cdot \frac{t_1}{2} = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}15\,\mathrm{s} = 1{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \, .$$

Poznamo komponenti začetne hitrosti v_x in $v_{y,0}$ in ker sta med seboj pravokotni lahko velikost začetne hitrosti v izračunamo po Pitagorovem izreku,

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_{y,0}^2} = \sqrt{\left(1{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + \left(8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2} = 8{,}14\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \, .$$

Kot meta α določimo z načrtovanjem, kot kaže slika, $\alpha = 11° \pm 1°$. Z načrtovanjem bi lahko določili tudi velikost začetne hitrosti (če ne bi poznali Pitagorovega izreka).



Za pravilno navpično komponento začetne hitrosti .... **(2 točki)**

Za pravilen kot meta .... **(1 točka)**

Za pravilen čas leta .... (1 točka)

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

B2 (a) Plezalec v razpoki miruje, sile na plezalca so v ravnovesju. Če plezalec tišči s čevlji pravokotno na steno s silo 700 N, tišči stena nazaj na njegove noge s po velikosti enako silo. Z duge strani to silo na plezalca uravnovesi po velikosti enaka sila stene, ki pritiska na plezalčev hrbet. Sila stene na hrbet plezalca meri 700 N.

Za pravilni odgovor ....(1 točka)

(b) Plezalec miruje. V ravnovesju so vse sile nanj, tudi tiste v navpični smeri. To so teža plezalca, ki kaže navzdol in meri 850 N, in dve sili lepenja obeh sten na plezalca, ki sta usmerjeni navzgor. Ena sila lepenja prijemlje na čevljih plezalca, druga na hrbtu plezalca. Vsota obeh sil lepenja uravnovesi težo. Vsota sil lepenja je po velikosti enaka teži plezalca, 850 N.

Za pravilni odgovor ....(1 točka)

(c) Na čevlje plezalca, ki ob steno pritiska s silo $F_\perp = 700$ N, lahko deluje največja sila lepenja $F_{l1,max} = k_{l1} \cdot F_\perp = 1{,}2 \cdot 700\ \text{N} = 840$ N. Na hrbet plezalca, ki ob steno pritiska s silo $F_\perp = 700$ N, lahko deluje največja sila lepenja $F_{l2,max} = k_{l2} \cdot F_\perp = 0{,}8 \cdot 700\ \text{N} = 560$ N. Vsota največjih sil lepenja je $F_{l1,max} + F_{l2,max} = 1400$ N. Teža plezalca je 850 N, kar pomeni, da bi si pri nespremenjenih silah, s katerimi pritiska ob steni, in ne da bi zdrsnil, lahko naložil še breme s težo $1400\,\text{N} - 850\,\text{N} = 550$ N.

Za pravilni odgovor ....(2 točki)

Za pravilno izračunani največji sili lepenja ....(1 točka)

(d) Plezalec lahko zmanjša silo, s katero pritiska ob steni, pa ne zdrsne, če je vsota največjih sil lepenja nanj večja ali kvečjemu enaka njegovi teži. Če je sila, s katero pritiska na steni v pravokotni smeri po velikosti enaka $F_{\perp,1}$, je vsota največjih sil lepenja

$$\begin{aligned} F_{l,max} &= F_{l1,max} + F_{l2,max} = k_{l1} \cdot F_{\perp,1} + k_{l2} \cdot F_{\perp,1} = (k_{l1} + k_{l2}) \cdot F_{\perp,1} = \\ &= (1{,}2 + 0{,}8) \cdot F_{\perp,1} = 2 \cdot F_{\perp,1} \,. \end{aligned}$$

Če naj velja $F_{l,max} \geq F_g$, mora veljati $F_{\perp,1} \geq \frac{1}{2}\, F_g = 425$ N. Tik pred zdrsom deluje plezalec na steni s pravokotnima silama 425 N.

Za pravilni odgovor ....(2 točki)

Za pravilno upoštevano ravnovesje sil ....(1 točka)

(e) Sile, ki delujejo na plezalca na meji zdrsa, so prikazane na sliki v merilu, kjer pomeni 1 cm silo 200 N. Iz pvelikosti pravokotne sile, s katero plezalec z nogami in hrbtom pritiska ob steni, izračunamo velikosti obeh sil lepenja, $F_{l1} = k_{l1} \cdot F_{\perp,1} = 1{,}2 \cdot 425\,\text{N} = 510\,\text{N}$ in $F_{l2} = k_{l2} \cdot F_{\perp,1} = 0{,}8 \cdot 425\,\text{N} = 340$ N.

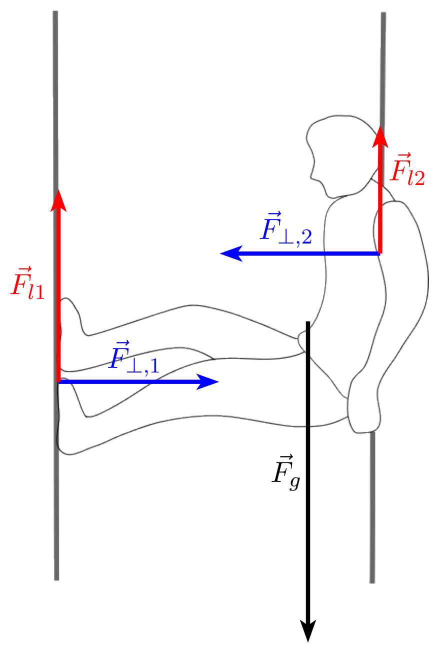
Za pravilno prikazane sile (prijemališča, smeri, velikosti) ....(3 točke)

Za pravilno upoštevano ravnovesje sil ....(1 točka)

Za pravilno prikazano težo ....(1 točka)

Za pravilno prikazani sili lepenja ....(1 točka)

Za pravilno prikazani pravokotni sili ....(1 točka)



(f) Da se plezalec med odrivom navzgor lahko giblje s pospeškom $a = 1{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, mora nanj delovati rezultanta sil $F_r = m \cdot a = 85\,\text{kg} \cdot 1{,}6\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 136$ N v smeri navzgor. V rezultanto $\vec{F}_r$ se seštejejo teža plezalca $\vec{F}_g$ ter obe sili lepenja $\vec{F}_{l1}$ in $\vec{F}_{l2}$, $\vec{F}_r = \vec{F}_{l1} + \vec{F}_{l2} + \vec{F}_g$. Za velikosti sil pa velja

$$m \cdot a = F_r = F_{l1} + F_{l2} - F_g \,.$$

Upoštevamo, da sta sili lepenja podani z

$$F_{l1} \leq k_{l1} \cdot F_\perp \qquad \text{in} \qquad F_{l2} \leq k_{l2} \cdot F_\perp$$

in dobimo

$$m \cdot a = F_{l1} + F_{l2} - F_g \leq (k_{l1} \cdot F_\perp + k_{l2} \cdot F_\perp) - F_g = (k_{l1} + k_{l2}) \cdot F_\perp - F_g \;\;.$$

Izrazimo $F_\perp$,

$$F_\perp \geq \frac{F_r + F_g}{(k_{l1} + k_{l2})} = \frac{136\,\mathrm{N}\; + 850\,\mathrm{N}}{2} = 493\,\mathrm{N}.$$

Najmanjša sila, s katero plezalec pri odrivu navzgor pritiska na steno v pravokotni smeri je $493\,\mathrm{N}$.

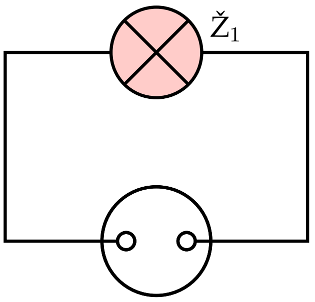
Za pravilno najmanjšo pravokotno silo .... (3 točke)
Za pravilno zapisan 2. Newtonov zakon .... (1 točka)
Za pravilno velikost rezultante sil ....(1 točka)

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

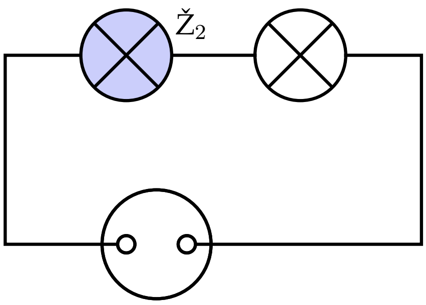
C Eksperimentalna naloga

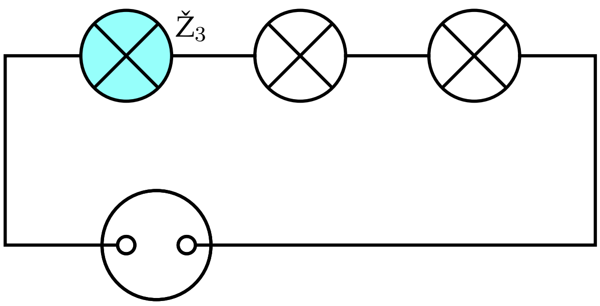
Vsi tekmovalci so imeli identične pripomočke. Dovoljeno odstopanje izmerjenih vrednosti je 5% od vrednosti, zapisanih v tabelah v teh rešitvah.

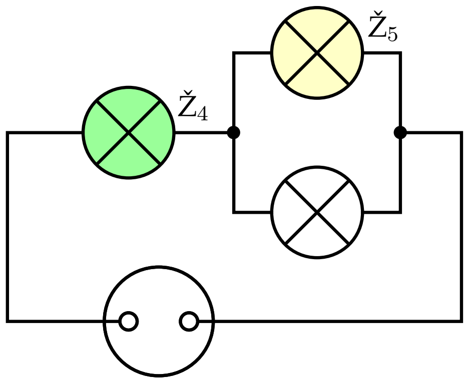
(a) Izmerjene napetosti in tokovi so zapisani v tabeli. Štiri različna vezja, na katerih so meritve opravljene, kaže slika.



	(a)		(b)	(c)
meritev	U [V]	I [mA]	$R_\otimes$ [Ω]	$P_\otimes$ [mW]
1.	4,61	126	36,6	581
2.	2,31	86,6	26,6	200
3.	1,52	69,1	22,0	105
4.	3,48	108,7	32,0	377
5.	0,97	53,6	18,1	52







Za pravilno meritev (U in I) z eno žarnico v vezju . . . . (1 točka)

Za pravilno meritev (U in I) z 2 žarnicama v vezju . . . . (1 točka)

Za pravilno meritev (U in I) s 3 žarnicama v vezju . . . . (1 točka)

Za pravilne vse 3 sheme vezij z 1, 2 in 3 žarnicami, vezanimi zaporedno . . . . (1 točka)

Za pravilno izmerjeni napetosti U_4 in U_5 . . . . (1 točka)

Za pravilno izmerjen tok I_4 . . . . (1 točka)

Za pravilno izmerjen tok I_5 . . . . (1 točka)

Za pravilno shemo vezja za meritvi 4 in 5 . . . . (1 točka)

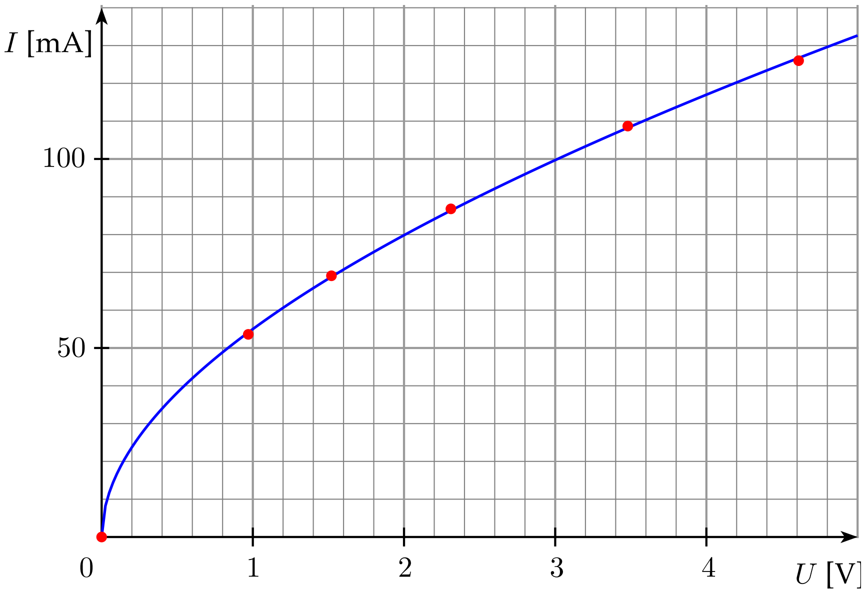
(b) Izračunani upori žarnice pri različnih napetostih na žarnicih in tokovih skozi žarnice so zapisani v 4. stolpcu tabele pri (a).

Za pravilnih 4 ali 5 izračunanih vrednosti upora . . . . (1 točka)

(c) Izračunane moči žarnice pri različnih napetostih na žarnicih in tokovih skozi žarnice so zapisane v 5. stolpcu tabele pri (a).

Za pravilnih 4 ali 5 izračunanih vrednosti moči . . . . (1 točka)

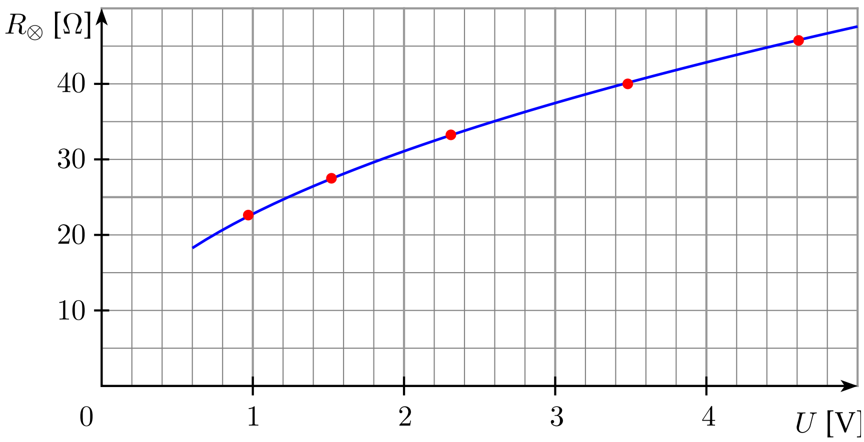
(d) Karakteristiko žarnice kaže graf. Vseeno je, na kateri osi je napetost in na kateri tok. Pravilno je tudi, če je ravno obratno kot v teh rešitvah.



Za pravilen graf v celoti (oznake osi, količine, enoti), pravilno vrisanih 5 ali 6 točk in gladko krivuljo . . . . (2 točki)

Za pravilne oznake osi, količine, enoti ter 4, 5 ali 6 pravilno vrisanih točk . . . . (1 točka)

(e) Na sliki je graf, ki kaže, kako je upor žarnice odvisen od napetosti na žarnici. Vseeno je, na kateri osi je napetost in na kateri upor.



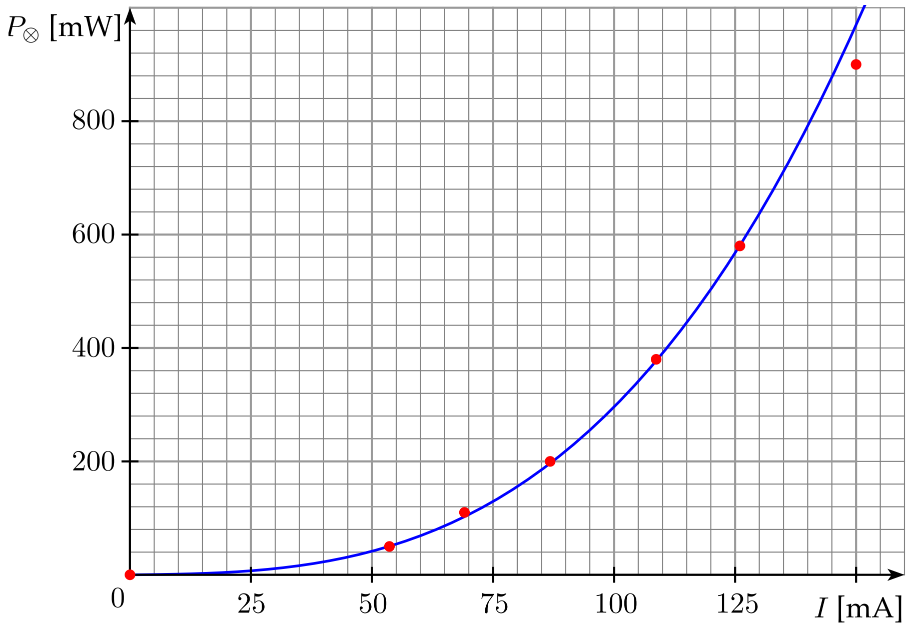
Za pravilen graf v celoti (oznake osi, količine, enoti), pravilno vrisanih 5 ali 6 točk in gladko krivuljo, ki NE gre skozi $(U = 0, R_\otimes = 0)$ **. . . . .(2 točki)**

Za pravilne oznake osi, količine, enoti ter 4, 5 ali 6 pravilno vrisanih točk . . . . (1 točka)

(f) Nazivna napetost žarnice je $U_n = 6$ V, nazivni tok je $I_n = 0{,}15$ mA, nazivna moč žarnice je $P_n = U_n \cdot I_n = 6\,\mathrm{V} \cdot 0{,}15\,\mathrm{mA} = 0{,}9\,\mathrm{W}$.

Za pravilno izračunano nazivno moč . . . .(1 točka)

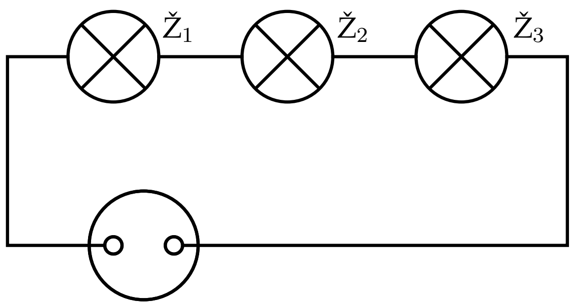
(g) Na sliki je graf, ki kaže, kako je moč, ki jo prejema žarnica, odvisna od toka skozi žarnico. Vseeno je, na kateri osi je moč in na kateri tok.



Za pravilen graf v celoti (oznake osi, količine, enoti), pravilno vrisanih 6 ali 7 točk in gladko krivuljo .... (2 točki)

Za pravilne oznake osi, količine, enoti ter 5, 6 ali 7 pravilno vrisanih točk .... (1 točka)

(h) Vezava 3 žarnic, pri kateri se baterija najpočasneje izprazni, je zaporedna vezava žarnic na baterijo, kot kaže slika. Skozi vse elemente v vezju teče isti tok, ki smo ga izmerili že pri (a), $I = 69{,}1$ mA. Napetosti izmerimo na vsaki žarnici posebej (če slučajno niso popolnoma enake). Rezultati meritev in izračunov moči so v tabeli.

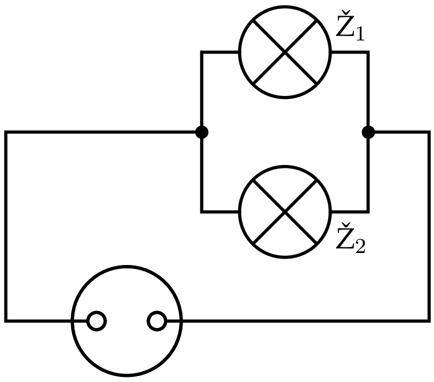


element	U_1 [V]	I_1 [mA]	P [mW]
Ž$_1$	1,52	69,1	105
Ž$_2$	1,52	69,1	105
Ž$_3$	1,53	69,1	106
baterija	4,80	69,1	332

Za pravilno shemo vezja in vse enake tokove .... (1 točka)

Za pravilne meritve in izračune, ki se ujemajo z meritvami pri (a) in $U_b \simeq U_{Ž_1} + U_{Ž_2} + U_{Ž_3}$
.. (1 točka)

(i) Vezava 2 žarnic, pri kateri se baterija najhitreje izprazni, je vzporedna vezava žarnic na baterijo, kot kaže slika. Na vseh elementih v vezju je približno enaka napetost (teoretično bi bila prav ista, če žice in ostali pomožni elementi v vezju ne bi imeli upora). Tokove izmerimo v vsaki veji posebej, pa še skupni tok skozi baterijo. Rezultati meritev in izračunov moči so v tabeli.



element	U_1 [V]	I_1 [mA]	P [mW]
$Ž_1$	4,00	117,0	468
$Ž_2$	4,18	117,6	492
baterija	4,57	230	1051

Za pravilno shemo vezja in vse približno enake napetosti .... **(1 točka)**

Za pravilne meritve in $I_{bat} \simeq I_{Ž_1} + I_{Ž_2}$ .... **(1 točka)**

(j) Skupna moč vseh žarnic je enaka ali malo manjša od moči baterije. Baterija opravlja električno delo, žarnice to delo prejemajo. Ne morejo prejeti več dela, kot ga baterija odda. Majhna razlika med skupno močjo vseh žarnic in močjo baterije je povezana z uporom žic in drugih pomožnih elementov v vezju.

Za pravilno ugotovitev, da je skupna moč žarnic enaka ali malo manjša od moči baterije .... **(1 točka)**

(k) Če bi pri poskusih uporabljal različne žarnice, bi se meritve in računi razlikovali ali pa ne.

- Pri zaporedni vezavi žarnic skozi vse žarnice teče isti tok. To se ne spremeni, če so žarnice različne.
- Pri zaporedni vezavi različnih žarnic so napetosti na žarnicah različne.
- Pri vzporedni vezavi žarnic je na njih približno enaka napetost. To se ne spremeni, če so žarnice različne.
- Pri vzporedni vezavi različnih žarnic so tokovi, ki tečejo skozi vzporedno vezane žarnice, različni.
- V splošnem so moči, ki jih prejemajo različne žarnice od baterije v istem krogu različne, tudi če so žarnice vezane zaporedno ali vzporedno.
- Skupna moč vseh žarnic je enaka ali malo manjša od moči baterije.

Za 3 pravilne domneve .... **(3 točke)**

Za 2 pravilni domnevi .... (2 točki)

Za 1 pravilno domnevo .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **C** največ **25 točk**.