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

## 9. razred

Da bi se izognili morebitnemu negativnemu končnemu dosežku, se vsakemu tekmovalcu dodeli začetnih 5 točk.

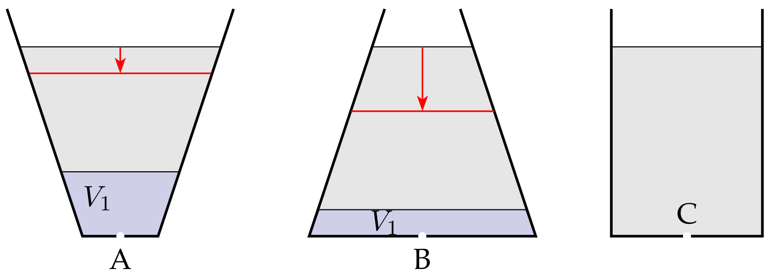
**Sklop A:**
V sklopu **A** je pravilen odgovor ovrednoten z 2 točkama. Nepravilen odgovor ali več odgovorov se točkuje z 1 negativno točko, neodgovorjeno vprašanje pa z 0 točkami. Upoštevajo se izključno odgovori, ki jih je tekmovalec zapisal v preglednico. Pravilni odgovori so:

| **A1** | **A2** | **A3** | **A4** | **A5** |
|---|---|---|---|---|
| A | A | B | D | B |

**A1** Hitrost, s katero iz posode izteka voda, je tem večja, čim večji je tlak v posodi pri luknjici (glede na tlak zunaj posode – zračni tlak). Čim večja je hitrost iztekanja, tem več vode izteče (v enakem času). Če se ne izpraznijo vse posode hkrati (česar ta hip še ne vemo), se valjasta posoda C gotovo ne izprazni niti prva niti zadnja. Prva se izprazni bodisi posoda A bodisi posoda B.

Primerjajmo začetno iztekanje vode iz posod A in B ter primerjajmo **čas**, v katerem iz posod izteče (na primer) petina vse vode $V_1 = \frac{1}{5}V_0$, na sliki v obeh posodah obarvana modro. Prostor, ki se izprazni, ker voda iz njega odteče skozi luknjico, nadomesti voda iz okolice in gladina vode v posodi se zniža. Na sliki je z rdečo označena gladina vode v posodi v trenutku, ko je iz posode ravno iztekla (z modro) označena prostornina vode $V_1$. Med iztekanjem prve petine vode se gladina bolj zniža v posodi B, zato se v tej posodi tudi bolj zniža tlak pri luknjici in zmanjša hitrost, s katero iz luknjice izteka voda. Voda s prostornino $V_1$ kasneje izteče iz posode B, ker izteka pri manjšem povprečnem tlaku in z manjšo povprečno hitrostjo kot iz posode A.

V nadaljevanju primerjajmo čas, v katerem iz posod izteče naslednja petina vode. Razmislek je enak: povprečni tlak, pri katerem iz posod izteka druga petina vode, je v posodi B manjši kot v posodi A, zato tudi druga – in vse nadaljnje – petine vode prej iztečejo iz posode A. Prva se izprazni posoda (A).




**A2** Višina, na kateri je padajoč oreh, se manjša, njegova hitrost pa se veča. Čim manjša je višina $h$, tem večja je hitrost oreha. Hitrost narašča enakomerno **s časom** in zato neenakomerno (korensko) s $h$. Graf, ki pravilno prikazuje odvisnost $v(h)$, je graf (A).

**A3** Na telo z maso $m$ deluje na površini (in malo nad njo) planeta z maso $M$ gravitacijska sila $F_g$, ki povzroči, da telo z maso $m$ prosto pada proti površini s težnim pospeškom $g$,

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} = m \cdot g\,,$$

kjer je $r$ polmer planeta. Iz znanih podatkov za $G$, maso in polmer Marsa $M$ ter $r$ izračunamo $g$ na površini Marsa,

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2} = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2} \cdot \frac{6{,}42 \cdot 10^{23}\,\mathrm{kg}}{(3390\,\mathrm{km})^2} = 3{,}74\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \approx 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\,.$$

Pravilna rešitev je (B).

**A4** Ocenimo prostornine.

(A) Robovi šolske učilnice merijo $a = 8$ m, $b = 8$ m in $c = 3$ m, prostornina učilnice je $V_{(\mathrm{A})} = a \cdot b \cdot c = 192\,\mathrm{m}^3$, kar je daleč od milijonov $\mathrm{m}^3$.

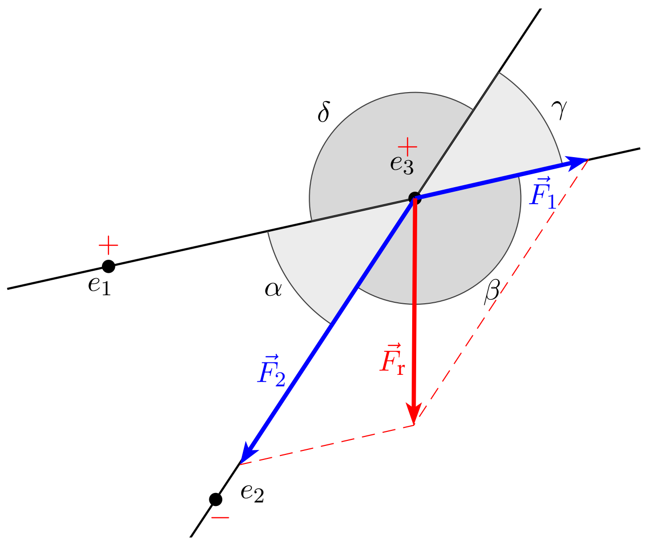
(B) Robovi šole merijo $a = 80$ m, $b = 80$ m in $c = 15$ m, prostornina šole je $V_{(\mathrm{B})} = a \cdot b \cdot c = 96\,000\,\mathrm{m}^3$, kar je še vedno daleč od milijonov $\mathrm{m}^3$.

(C) Blejsko jezero je približno pravokotnik in če sta njegovi stranici dolgi $a = 2$ km in $b = 1$ km, je njegov obseg 6 km (kot pravi naloga) in površina $S = a \cdot b = 2\,\mathrm{km}^2$. V povprečju je jezero globoko $c = 18$ m, torej je v njem približno $V_{(\mathrm{C})} = a \cdot b \cdot c = 36\,000\,000\,\mathrm{m}^3 = 36 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^3 = 36$ milijonov $\mathrm{m}^3$ vode, kar je še vedno precej manj kot 165 milijonov $\mathrm{m}^3$.

(D) Če smo obliko Blejskega jezera aproksimirali s pravokotnikom, lahko mesto Ljubljana znotraj *Poti ob žici* s krogom, katerega obseg je $o = 2 \cdot \pi \cdot r = 35$ km, odkoder izračunamo polmer kroga $r = 5570$ m $\approx 6$ km. Ploščina kroga (mesta) je $S = \pi \cdot r^2 = 113 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^2$. Ljubljano bi poplavili z $c = 1{,}5$ m globoko vodo, če bi jo nanjo zlili $V_{(\mathrm{D})} = S \cdot c = 170 \cdot 10^6\,\mathrm{m}^3 = 170$ milijonov $\mathrm{m}^3$ vode, kar je približno enako prostornini vode, načrpane v Sloveniji v letu 2015.

Pravilen odgovor je (D).

**A5** Skica prikazuje sili $\vec{F}_1$ in $\vec{F}_2$, s katerima naboja $e_1$ in $e_2$ delujeta na naboj $e_3$. Rezultanta obeh sil $\vec{F}_\mathrm{r}$ kaže – ne glede na velikost sil $\vec{F}_1$ in $\vec{F}_2$, ki sta sicer odvisni od velikosti nabojev in razdalj med njimi – v smer znotraj kota $\beta$ (B).



**Sklop B:**

**B1** (a) Jard meri

$$1\,\text{jard} = \frac{1\,\text{milja}}{1760} = \frac{1609{,}344\,\text{m}}{1760} = 0{,}9144\,\text{m}.$$

Maraton je dolg

$$s_\text{m} = 26\,\text{milj} + 385\,\text{jardov} = 26 \cdot 1609{,}344\,\text{m} + 385 \cdot 0{,}9144\,\text{m} = 42\,195\,\text{m} = 42{,}195\,\text{km}.$$

**Za pravilno dolžino maratona .......... (1 točka)**

(b) V 360° zemljepisne dolžine (med 0° in 180° V ter med 0° in 180° Z) se zvrsti 24 časovnih pasov, kar pomeni, da je povprečna širina posameznega časovnega pasu

$$\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ.$$

Razlika v zemljepisni dolžini 15° ustreza časovni razliki 1 h = 60 min med poldnevoma po Soncu. Razlika v zemljepisni dolžini 1° ustreza petnajstini ure oziroma časovni razliki 4 min med poldnevoma po Soncu.

**Za pravilno širino 15° enega časovnega pasu .......... (1 točka)**
**Za pravilno časovno razliko 4 minute .......... (1 točka)**

(c) Dolžina loka na ekvatorju $l_\text{e}$, ki ustreza 1° razlike v geografski dolžini, je

$$l_\text{e} = \frac{o_\text{e}}{360} = \frac{40\,075\,\text{km}}{360} = 111{,}32\,\text{km},$$

kjer je $o_\text{e} = 40\,075\,\text{km}$ obseg Zemlje po ekvatorju. Ta razdalja ustreza

$$N_\text{e} = \frac{l_\text{e}}{s_\text{m}} = \frac{111{,}32\,\text{km}}{42{,}195\,\text{km}} = 2{,}64\,\text{maratonskim razdaljam}.$$

**Za pravilno število maratonskih razdalj .......... (2 točki)**
**Za pravilno dolžino loka na ekvatorju** .......... (1 točka)

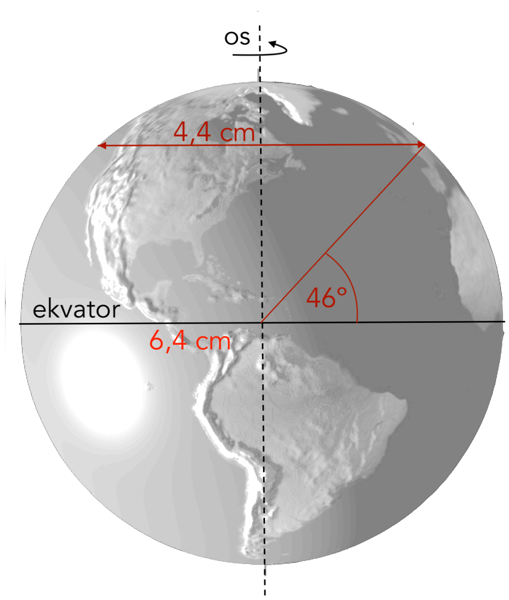
(d) Mohudi preteče s hitrostjo $v = 16\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ razdaljo, ki na ekvatorju ustreza razliki 1° v geografski dolžini, v času

$$t_\text{e} = \frac{l_\text{e}}{v} = \frac{111{,}32\,\text{km} \cdot \text{h}}{16\,\text{km}} = 6\,\text{h}\,57\,\text{min} \approx 7\,\text{h}.$$

**Za pravilen čas .......... (1 točka)**

(e) Če bi Mohudi v Ljubljani tekel naravnost proti vzhodu, bi tekel vzdolž vzporednika. Obseg Zemlje po vzporedniku na geografski širini Ljubljane (45° ali 46°) je manjši od dolžine ekvatorja, in tudi dolžina loka, ki ustreza 1° razlike v geografski dolžini, je na vzporedniku sorazmerno manjša. Obseg krožnice (ekvatorja ali vzporednika) je sorazmeren polmeru krožnice. Razmerje med obsegom dveh krožnic je enako razmerju med njunima polmeroma. To razmerje razberemo s skice. Obseg Zemlje $o_\text{Lj}$ po ljubljanskem vzporedniku je

$$o_\text{Lj} = \frac{4{,}4\,\text{cm}}{6{,}4\,\text{cm}} \cdot o_\text{e} = 27\,552\,\text{km}.$$



Dolžina loka na vzporedniku, ki ustreza 1° razlike v geografski dolžini, je

$$l_{\mathrm{Lj}} = \frac{o_{\mathrm{Lj}}}{360} = \frac{27\,552\,\mathrm{km}}{360} = 76{,}53\,\mathrm{km}.$$

Dolžino $l_{\mathrm{Lj}}$ lahko izračunamo tudi iz $l_{\mathrm{e}}$ in razmerja med polmeri na skici,

$$l_{\mathrm{Lj}} = \frac{4{,}4\,\mathrm{cm}}{6{,}4\,\mathrm{cm}} \cdot l_e = 76{,}53\,\mathrm{km}.$$

Mohudi bi to razdaljo pretekel v času

$$t_{\mathrm{Lj}} = \frac{l_{\mathrm{Lj}}}{v} = \frac{76{,}53\,\mathrm{km}\cdot\mathrm{h}}{16\,\mathrm{km}} = 4\,\mathrm{h}\,47\,\mathrm{min}.$$

**Za pravilen čas teka** ........................................ **(3 točke)**
**Za pravilno dolžino loka na vzporedniku** ........................ (2 točki)
**Za pravilno upoštevano razmerje polmerov, obsegov ali dolžin lokov** ........ (1 točka)
**Za pravilno skico pri grafičnem reševanju (če ni izračunane dolžine loka)** ....... (1 točka)

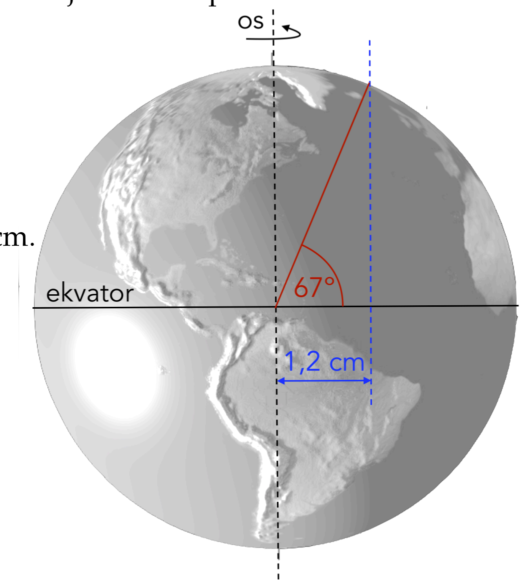
(f) Dolžina loka $l_\alpha$ na vzporedniku pri geografski širini $\alpha$, ki jo iščemo, je enaka dolžini maratona. Po enakem razmisleku kot pri prejšnjem vprašanju lahko zapišemo

$$l_\alpha = s_{\mathrm{m}} = \frac{2\cdot r_\alpha}{6{,}4\,\mathrm{cm}} \cdot l_{\mathrm{e}}$$

odkoder izrazimo premer iskanega vzporednika na sliki Zemlje $2\cdot r_\alpha$,

$$2\cdot r_\alpha = 6{,}4\,\mathrm{cm}\cdot\frac{s_{\mathrm{m}}}{l_{\mathrm{e}}} = 6{,}4\,\mathrm{cm}\cdot\frac{42{,}195\,\mathrm{km}}{111{,}32\,\mathrm{km}} = 2{,}43\,\mathrm{cm}.$$

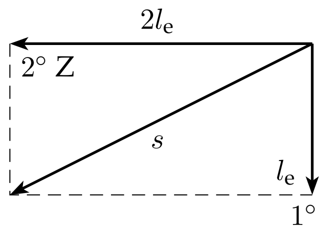
Polmer $r_\alpha$ je polovica premera, $r_\alpha = 1{,}2$ cm. Na sliki Zemlje narišemo v oddaljenosti $r_\alpha$ od osi vzporednico Zemljini vrtilni osi. Vzporednica na sliki seka Zemljino površino (rob) v točki, ki ima geografsko širino $\alpha$, ki jo iščemo. Na sliki izmerimo, da je $\alpha = 67°$ (pri tečajniku, kar je seveda naključje).




**Za pravilno geografsko širino $\alpha = 67°$** ........................ **(3 točke)**
**Za pravilno dolžino loka ($s_{\mathrm{m}}$) na vzporedniku** ........................ (1 točka)
**Za pravilno upoštevano razmerje polmerov, obsegov ali dolžin lokov** ........ (1 točka)
**Za pravilno skico pri grafičnem reševanju** ........................ (1 točka)

(g) Na ekvatorju sta dolžini lokov, ki ustrezata 1° razlike v geografski širini in 1° razlike v geografski dolžini, enaki. Pot $s$, ki jo Mohudi preteče, izračunamo s Pitagorovim izrekom (ali z načrtovanjem),

$$s = \sqrt{l_{\mathrm{e}}^2 + (2\cdot l_{\mathrm{e}})^2} = l_{\mathrm{e}}\cdot\sqrt{5} = 248{,}92\,\mathrm{km}.$$




Mohudi to razdaljo preteče v času

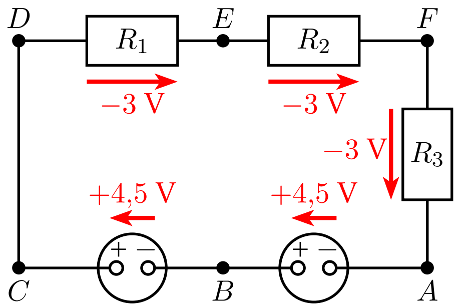
$$t_{\mathrm{KM}} = \frac{s}{v} = \frac{248{,}92\,\mathrm{km}\cdot\mathrm{h}}{16\,\mathrm{km}} = 15\,\mathrm{h}\,33\,\mathrm{min}\,27\,\mathrm{s}.$$

**Za pravilen čas** ........................................ **(2 točki)**
**Za pravilno pot** ........................................ (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **14 točk**.

**B2** (a) V prvem primeru so v krogu zaporedno vezani dve bateriji in trije enaki uporniki $R_1 = R_2 = R_3$. Skupna napetost baterij je $9$ V, napetost na enem uporniku je $(-)3$ V. V teh rešitvah se pri predznakih napetosti v razpredelnici in na slikah držimo pravila, da je napetost vira pozitivna, ko gremo v smeri toka skozi vir (v smeri od točke $A$ do $B$ in naprej do $C$), in da je napetost na uporniku negativna, ko gremo v smeri toka skozi upornik (v smeri od točke $D$ proti $E$, $F$, $A$).

V smeri toka je napetost na posamezni bateriji $4{,}5$ V, na posameznem uporniku pa $-3$ V. Vrednosti napetosti so v razpredelnici.




| točki | (a) $U$ [V] | (c) $U$ [V] | (e) $U$ [V] |
|---|---|---|---|
| $A-B$ | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| $A-C$ | 9 | 9 | 9 |
| $C-D$ | 0 | 0 | 0 |
| $A-D$ | 9 | 9 | 9 |
| $D-E$ | $(-)3$ | $(-)3{,}6$ | $(-)4{,}5$ |
| $C-F$ | $(-)6$ | $(-)7{,}2$ | $(-)7{,}5$ |
| $B-E$ | 1,5 | 0,9 | 0 |
| $F-A$ | $(-)3$ | $(-)1{,}8$ | $(-)1{,}5$ |

**Za 8 pravilnih napetosti v stolpcu (a)** ..... **(3 točke)**
**Za 6 ali 7 pravilnih napetosti v stolpcu (a)** . (2 točki)
**Za 4 ali 5 pravilnih napetosti v stolpcu (a)** . (1 točka)

(b) Skozi vse elemente v vezju teče isti tok $I_1$. Izračunamo ga iz (velikosti) napetosti na uporniku, na primer $R_1$ (napetost med točkama $D$ in $E$),

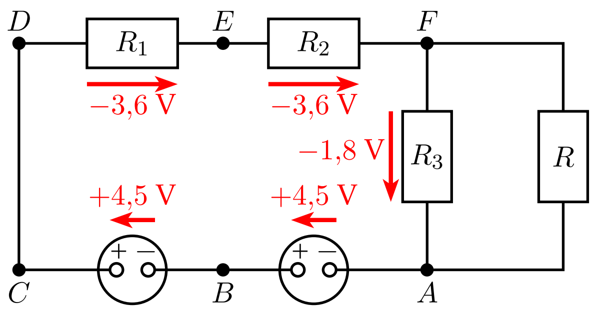
$$I_1 = \frac{U_{D-E}}{R_1} = \frac{3\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}1\,\mathrm{A}.$$

**Za pravilen tok** .......................... **(1 točka)**

(c) Ko Maja sklene stikalo $S_1$, poveže v krog vzporedno z upornikom $R_3$ še upornik $R$. Tok $I_2$, ki teče skozi bateriji ter upornika $R_1$ in $R_2$, se porazdeli med enakima upornikoma $R_3$ in $R$: polovica ga teče skozi $R$, polovica pa skozi $R_3$ (ker velja $R_3 = R$). Napetost na uporniku $R_1$ je $U_1 = R.I_1$, napetost na uporniku $R_2$ je $U_2 = R_2 \cdot I_1 = U_1$, napetost na uporniku $R_3$ pa je $U_3 = R_3 \cdot \frac{1}{2} I_1 = \frac{1}{2} U_1$.
Vsota (velikosti) teh napetosti je enaka vsoti napetosti obeh baterij. Zapišemo

$$2 \cdot U_1 + \frac{1}{2} U_1 = 9\,\mathrm{V},$$

odkoder sledi $U_1 = 3{,}6$ V. Vrednosti ostalih napetosti so v stolpcu (c) razpredelnice.



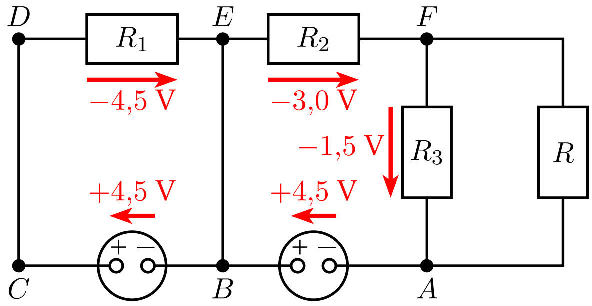

**Za 8 pravilnih napetosti v stolpcu (c)** ........................................ **(3 točke)**
**Za 6 ali 7 pravilnih napetosti v stolpcu (c)** ........................................ (2 točki)
**Za 4 ali 5 pravilnih napetosti v stolpcu (c)** ........................................ (1 točka)

(d) Skozi bateriji in upornik $R_1$ teče tok $I_2$. Izračunamo ga iz (velikosti) napetosti $U_1$ na tem uporniku,

$$I_2 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3{,}6\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}12\,\mathrm{A}.$$

**Za pravilen tok** ........................................................................ **(1 točka)**

(e) Ko Maja sklene še stikalo $S_2$, postane napetost med točkama $B$ in $E$ enaka 0. Napetost na uporniku $R_1$ je enaka napetosti baterije $4{,}5$ V. Na uporniku $R_2$ je napetost $U_2$, na uporniku $R_3$ je napetost $\frac{1}{2}U_2$ (ker se tok, ki teče skozi $R_2$, razdeli na polovici, ki tečeta skozi vzporedna upornika $R_3$ in $R$), vsota velikosti teh dveh napetosti je enaka napetosti baterije,

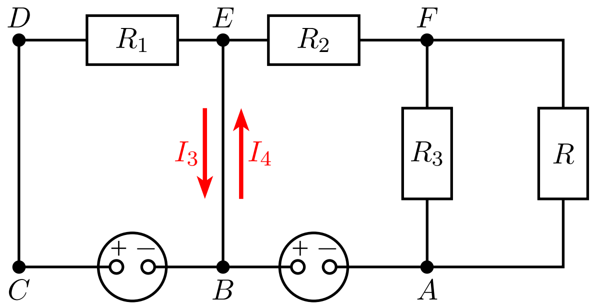



$$U_2 + \frac{1}{2}U_2 = 4{,}5\,\mathrm{V}.$$

Od tod sledi $U_2 = 3{,}0$ V.

**Za 8 pravilnih napetosti v stolpcu (e)** ........................................ **(3 točke)**
**Za 6 ali 7 pravilnih napetosti v stolpcu (e)** ........................................ (2 točki)
**Za 4 ali 5 pravilnih napetosti v stolpcu (e)** ........................................ (1 točka)

(f) Lahko si predstavljamo, da je tok skozi stikalo $S_2$ vsota tokov, ki ju v obratnih smereh poganjata bateriji. Leva baterija žene tok $I_3$, ki teče v smeri $B \to C \to D \to E \to B$ skozi upornik $R_1$ in znaša




$$I_3 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{4{,}5\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}15\,\mathrm{A}.$$

Desna baterija žene tok $I_4$, ki teče v smeri $A \to B \to E \to F$ skozi upornik $R_2$ in znaša

$$I_4 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3{,}0\,\mathrm{V}}{30\,\Omega} = 0{,}1\,\mathrm{A}.$$

Tok $I_5$ skozi stikalo $S_2$ teče v smeri $E \to B$ in je po velikosti enak razliki med $I_3$ in $I_4$,

$$I_5 = I_3 - I_4 = 0{,}15\,\mathrm{A} - 0{,}1\,\mathrm{A} = 0{,}05\,\mathrm{A}.$$

**Za pravilen tok skozi stikalo (velikost in smer)** ........................................ **(3 točke)**
**Za pravilno velikost toka skozi stikalo** ........................................ (1 točka)
**Za pravilno smer toka skozi stikalo** ........................................ (1 točka)
**Za pravilna tokova skozi upornika $R_1$ in $R_2$** ........................................ (1 točka)

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

## C Eksperimentalna naloga

Vsi tekmovalci so imeli identične pripomočke.

(a) Temperatura talečega se ledu je $T_0 = 0\,°\mathrm{C} \pm 1\,°\mathrm{C}$ (odvisno od kalibriranosti termometra). Primer meritev je v tabeli.

| $t$ [min] | $T$ [°C] | $t$ [min] | $T$ [°C] | $t$ [min] | $T$ [°C] | $t$ [min] | $T$ [°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | (f) 3,0 | −16,9 | 9,0 | −13,1 | 15,0 | −9,1 |
| 0,5 | −13,1 | 4,0 | −17,0 | 10,0 | −12,5 | 16,0 | −8,4 |
| 1,0 | −16,1 | 5,0 | −16,4 | 11,0 | −12,1 | 17,0 | −6,6 |
| 1,5 | −17,2 | 6,0 | −15,7 | 12,0 | −11,3 | (d) 18,0 | −5,1 |
| 2,0 | −17,4 | 7,0 | −14,4 | 13,0 | −10,5 | 19,0 | −3,4 |
| 2,5 | −17,4 | 8,0 | −13,8 | 14,0 | −10,1 | 20,0 | −1,8 |

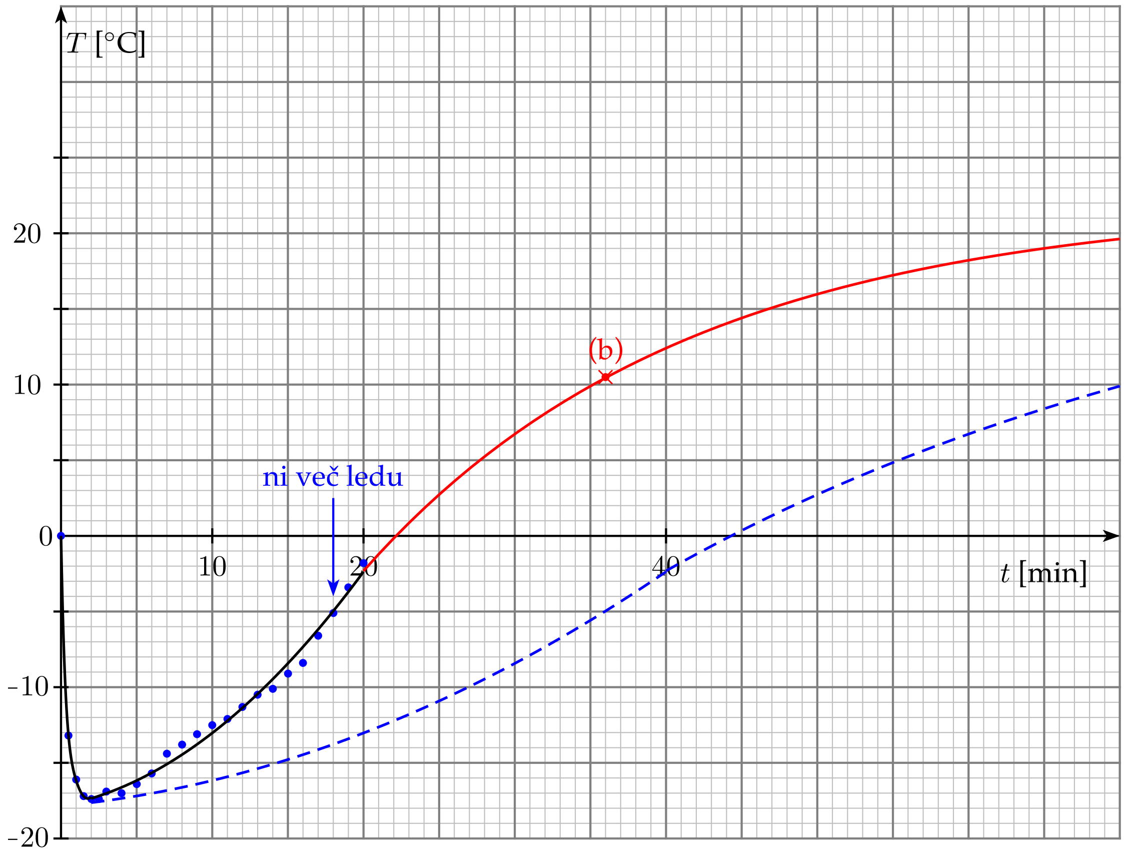
**Za v celoti primerne meritve** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . **(7 točk)**
**Za začetno temperaturo ledu v okviru tolerance** . . . . . . . . . . (1 točka)
**Za najnižjo temperaturo zmesi pod** $-16\,°$**C** . . . . . . . . . . (1 točka)
**Za čas, ko se stali ves led, pod** 19 **minut (označen)** . . . . . . . . (1 točka)
**Za minimalno vrednost temperature pri** $t = 2$ **min** $\pm 1$ **min** . . . . . . (1 točka)
**Za vsaj 18 smiselnih meritev** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (2 točki)
**Za vsaj 12 smiselnih meritev** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . (1 točka)

(b) Meritve so v razpredelnici.

| $t$ [min] | $T$ [°C] | $\Delta t$ [s] | $T_o$ [°C] |
|---|---|---|---|
| 35 min 52 s | 10,3 | 86 | 21,3 |

**Za primerne vrednosti** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . **(3 točke)**
**Za začetno temperaturo zmesi** $10\,°$**C** $\pm 2\,°$**C** . . . . . . . . . . (1 točka)
**Za izmerjeno temperaturo zraka v učilnici (glede na dejansko vrednost)** . . . . . . . . (1 točka)
**Za čas meritve** 90 **s** $\pm 20$ **s** . . . . . . . . . . . . . . . . . . (1 točka)

(c) V koordinatnem sistemu je graf, ki prikazuje, kako se je s časom spreminjala temperatura zmesi v lončku.




**Za pravilno narisan graf (z oznakami osi $y$: količino, skalo, enoto)** .............. **(3 točke)**
**Za pravilno vnešenih vsaj 15 merskih točk** ...................................... (1 točka)
**Za sklenjeno gladko (ne zlomljeno) krivuljo v bližini merskih točk**..............(1 točka)
**Za pravilno obliko grafa (temperatura hitro pade, minimum, potem počasneje raste)**(1 točka)

(d) V razpredelnici pri (a) je z rdečo obkroženo časovno območje 1 minute, ko ledu v lončku ni več. V tem času se je slana voda v lončku segrela od $T_1 = -5{,}1\,°\text{C}$ do $T_2 = -3{,}4\,°\text{C}$, torej za $\Delta T = 1{,}7\,°\text{C}$. Specifična toplota vodne raztopine kuhinjske soli pada s koncentracijo raztopljene soli in je, ko je masni delež soli v vodi približno 23% (6 g soli v 26 g raztopine), enaka $c = 3300\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. Masa raztopine je $m = m_{\text{NaCl}} + m_{\text{led}} = 26$ g. V izbranem časovnem intervalu je zmes prejela toploto

$$Q_{(\text{d})} = m \cdot c \cdot \Delta T = 0{,}026\,\text{kg} \cdot 3300\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 1{,}7\,\text{K} = 146\,\text{J}.$$

**Za pravilno toploto** ........................................................... **(3 točke)**
**Za pravilno izbran časovni interval in izračunano spremembo temperature** ..... (1 točka)
**Za pravilno maso zmesi (26 g)** ............................................... (1 točka)

(e) V časovnem intervalu $\Delta t = 1$ min se temperatura zmesi niti v primeru iz vprašanja (d) niti v primeru iz vprašanja (b) ne spremeni dosti in je zato temperaturna razlika, ki v tem času poganja toplotni tok iz okolice v zmes, približno stalna – boljši približek dobimo, če jo določimo iz povprečne temperature zmesi $\bar{T}$ v izbranem časovnem območju.

Temperatura okolice je $T_\text{o} = 21{,}3\,°\text{C}$, povprečna temperatura zmesi v primeru (d) je $\bar{T}_{(\text{d})} = -4{,}3\,°\text{C}$ in temperaturna razlika, ki poganja toplotni tok, je $\Delta T_{(\text{d})} = T_\text{o} - \bar{T}_{(\text{d})} = 25{,}6\,°\text{C}$

$= 25{,}6$ K. Toplotni tok, ki teče v zmes, je

$$P_{(\mathrm{d})} = \frac{Q_{(\mathrm{d})}}{\Delta t} = \frac{146\,\mathrm{J}}{60\,\mathrm{s}} = 2{,}43\,\mathrm{W}.$$

Koeficient $K_{(\mathrm{d})}$ je

$$K_{(\mathrm{d})} = \frac{P_{(\mathrm{d})}}{\Delta T_{(\mathrm{d})}} = \frac{2{,}43\,\mathrm{W}}{25{,}6\,\mathrm{K}} = 0{,}095\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}.$$

V primeru (b) se zmes v času $\Delta t_{(\mathrm{b})} = 86$ s segreje za $\Delta T_{\mathrm{zmes}} = 1$ K z začetne temperature $10{,}3\,^\circ\mathrm{C}$ na $11{,}3\,^\circ\mathrm{C}$ in je povprečna temperatura zmesi $\bar{T}_{(\mathrm{b})} = 10{,}8\,^\circ\mathrm{C}$. Temperaturna razlika, ki poganja toplotni tok, je $\Delta T_{(\mathrm{b})} = T_\mathrm{o} - \bar{T}_{(\mathrm{b})} = 10{,}5\,^\circ\mathrm{C} = 10{,}5$ K. Toplotni tok, ki teče v zmes, je

$$P_{(\mathrm{b})} = \frac{Q_{(\mathrm{b})}}{\Delta t_{(\mathrm{b})}} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T_{\mathrm{zmes}}}{\Delta t_{(\mathrm{b})}} = \frac{0{,}026\,\mathrm{kg}\ \cdot 3300\,\mathrm{J} \cdot 1\,\mathrm{K}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}\ \cdot 86\,\mathrm{s}} = \frac{85{,}8\,\mathrm{J}}{86\,\mathrm{s}} = 1{,}00\,\mathrm{W}.$$

Koeficient $K_{(\mathrm{b})}$ je

$$K_{(\mathrm{b})} = \frac{P_{(\mathrm{b})}}{\Delta T_{(\mathrm{b})}} = \frac{1{,}00\,\mathrm{W}}{10{,}5\,\mathrm{K}} = 0{,}095\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}.$$

Vida in Valentina sta meritve izvedli zelo natančno. Koeficienta sta enaka (načeloma pa lahko pričakujemo rahlo neujemanje, ki je posledica različnih merskih napak).

**Za pravilna in približno enaka koeficienta ........ (3 točke)**

**Za pravilno določeno razliko temperatur, ki poganja toplotni tok** ........ (1 točka)

**Za pravilno izračunan toplotni tok v primeru (b)** ........ (1 točka)

(f) V razpredelnici pri (a) je z modro obkroženo izbrano časovno območje 1 minute, ko je bila v lončku še ledena zmes. V časovnem intervalu $\Delta t = 1$ min se zmes nekoliko segreje (za $0{,}1$ K), kar lahko zanemarimo, in nekaj ledu se stali.

Toploto, ki jo je zmes v tem času prejela, izračunamo iz toplotnega toka, ki ga žene razlika med temperaturo okolice $T_\mathrm{o} = 21{,}3\,^\circ\mathrm{C}$ in (povprečno) temperaturo ledene zmesi v tem času $\bar{T}_{(\mathrm{f})} = -16{,}9\,^\circ\mathrm{C}$, $\Delta T_{(\mathrm{f})} = T_\mathrm{o} - \bar{T}_{(\mathrm{f})} = 38{,}2\,^\circ\mathrm{C} = 38{,}2$ K,

$$Q_{(\mathrm{f})} = P_{(\mathrm{f})} \cdot \Delta t = K \cdot \Delta T_{(\mathrm{f})} \cdot \Delta t = 0{,}095\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{K}}\ \cdot 38{,}2\,\mathrm{K}\ \cdot 60\,\mathrm{s} = 217{,}7\,\mathrm{J} \approx 218\,\mathrm{J}.$$

Led z maso $m_\mathrm{l}$ se stali, ko prejme toploto $Q_{\mathrm{tal}} = m_\mathrm{l}\ \cdot q_t$, kjer je $q_t = 334\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$ specifična talilna toplota ledu. Izračunamo maso ledu, ki se je v izbranem časovnem obdobju stalila, ker je prejela toploto $Q_{(\mathrm{f})}$

$$m_\mathrm{l} = \frac{Q_{(\mathrm{f})}}{q_t} = \frac{218\,\mathrm{J} \cdot \mathrm{kg}}{334\,\mathrm{kJ}} = 0{,}652\,\mathrm{g}.$$

**Za pravilno maso ........ (3 točke)**

**Za pravilno določeno časovno območje in temperaturno razliko, ki poganja toplotni tok** (1 točka)

**Za pravilno izračunan toplotni tok, uporabljen $K$ iz prejšnjega vprašanja** ........ (1 točka)

(g) V koordinatnem sistemu pri (c) je z rdečo črto narisan graf, ki prikazuje predvidevanje o spreminjanju temperature zmesi. Temperatura zmesi se vedno položneje (počasneje) približuje temperaturi okolice $T_\mathrm{o}$. Upoštevana je tudi dodatna meritev pri (b).

**Za pravilno približevanje temperaturi okolice ........ (1 točka)**

**Za upoštevano meritev pri (b) ........ (1 točka)**

(h) V koordinatnem sistemu pri (c) je z modro črto narisan graf, ki prikazuje predvidevanje o spreminjanju temperature zmesi, če bi bil koeficient $K$ pol manjši. Pol manjši $K$ pomeni, da pri enaki razliki temperatur in v enakem času zmes v lončku iz okolice prejema pol manjši toplotni tok, kar pomeni, da se taljenje ledu in segrevanje odvija počasneje. Tako kot je bilo pri poskusu stanje zmesi ob času $t_1$, bi bilo ob pol manjšem $K$ ob času približno $2 \cdot t_1$.

Ukrepi, s katerimi bi lahko zmanjšali $K$:

- Lonček dodatno izoliramo (ovijemo ga s toplotnim izolatorjem), poskus izvajamo v kalorimetru ali kaj podobnega.
- Lonček pokrijemo s pokrovom, da preprečimo segrevanje skozi gladino.
- Uporabimo lonček drugačne oblike, da je površina zmesi pri isti masi zmesi manjša (razmerje površine in prostornine sistema vpliva na ohlajanje ali segrevanje sistema).

**Za pravilen graf ............ (1 točka)**

**Za dva ali več ukrepov ............ (2 točki)**

**Za posamezen ukrep ............ (1 točka)**

Tekmovalec dobi pri nalogi **C** največ **27 točk**.