Društvo matematikov, fizikov
in astronomov Slovenije

Jadranska ulica 19
1000 Ljubljana

Tekmovalne naloge DMFA Slovenije

Prilepi nalepko s šifro

Tekmovanje iz fizike za zlato Stefanovo priznanje

8. razred

Državno tekmovanje, 6. april 2019

A1	A2	A3	A4	A5

B1	B2

C

Naloge iz sklopov A in B rešuješ 80 minut. Uporabljaš lahko pisalo, geometrijsko orodje, žepno računalo ter list s fizikalnimi obrazci in konstantami.

Pozorno preberi besedilo naloge in po potrebi nariši skico. V sklopu A obkroži črko pred pravilnim odgovorom in jo vpiši v levo preglednico (zgoraj). Pravilen odgovor se točkuje z 2 točkama, nepravilen odgovor ali več odgovorov z **1 negativno točko**, neodgovorjeno vprašanje pa z 0 točkami. Naloge v sklopu B rešuj na tej poli. **Iz napisanega mora biti razvidno, kako si prišel do rezultata.** V sklopu B je število točk za pravilno rešitev navedeno pri nalogi. Negativnih točk v sklopu B ni.

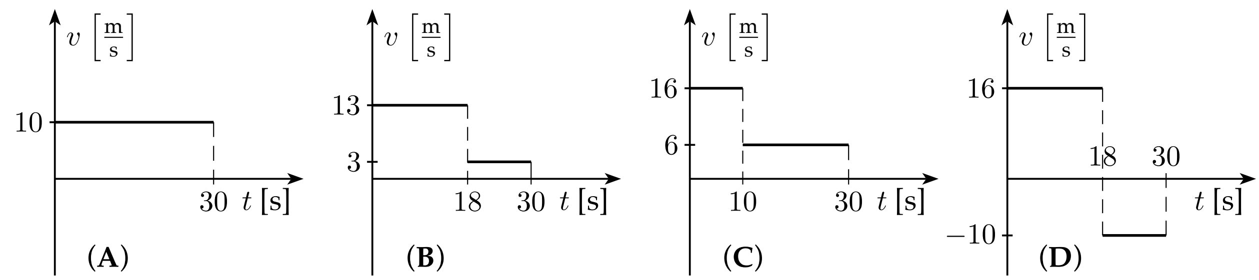
Želimo ti veliko uspeha pri reševanju nalog!

A1 Katera izjava o kratkovidnem očesu je pravilna? V kratkovidnem očesu ...

(**A**) na mrežnici lahko nastane ostra slika. (**B**) ostra slika vedno nastane za mrežnico.

(**C**) ostra slika vedno nastane pred mrežnico. (**D**) na mrežnici nikoli ne nastane ostra slika.

A2 Grafi prikazujejo, s kolikšno hitrostjo so se v enakih časovnih intervalih gibali 4 kolesarji. Predznak hitrosti pove usmerjenost gibanja (naprej ali nazaj). Kateri graf prikazuje hitrost kolesarja, ki je v 30 s opravil najdaljšo pot?



A3 Miha na Pokljuki opazuje polno luno. Izmeri uro, ko je Luna najvišje na nebu. Z enakimi opravki se istega dne ukvarja tudi Jurij v Sibiriji (v kraju, ki glede na Slovenijo leži 6 časovnih pasov proti vzhodu). Kdaj približno Jurij izmeri največjo višino Lune?

(**A**) Sočasno z Miho. (**B**) 6 ur pred Miho.

(**C**) 6 ur za Miho. (**D**) 12 ur pred ali za Miho.

A4 Petnajstletna Tina stoji bosa na prstih obeh nog (peti ima dvignjeni od tal) na gladkih vodoravnih tleh. Oceni, s kolikšnim tlakom p deluje na tla.

(**A**) $p < 1$ mbar. (**B**) 1 mbar $< p < 10$ mbar.

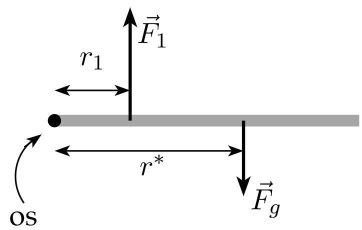
(**C**) 10 mbar $< p < 100$ mbar. (**D**) 100 mbar $< p < 1000$ mbar.

A5 Ko zmešamo 72 ml vode in 345 ml etilnega alkohola, dobimo 406 ml zmesi. Kolikšna je njena gostota?

(**A**) $0{,}835\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ (**B**) $0{,}857\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ (**C**) $0{,}900\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ (**D**) $0{,}974\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

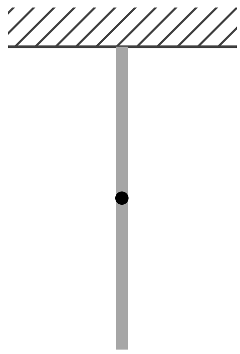
V sklopu B rezultat dvakrat podčrtaj.

B1 Palica je na enem krajišču vrtljivo vpeta v vodoravno os. Palica se v navpični ravnini, pravokotni na os, okoli osi lahko vrti (slika kaže lego palice v ravnini možnega vrtenja, os je na list pravokotna). Ko palica miruje v vodoravni ravnovesni legi, velja $F_1 \cdot r_1 = F_g \cdot r^*$, kjer je $\vec{F}_g$ teža, $\vec{F}_1$ pa sila, ki deluje na palico v smeri navzgor. Sila $\vec{F}_1$ prijemlje na razdalji r_1 od osi, teža pa na razdalji r^* od osi.

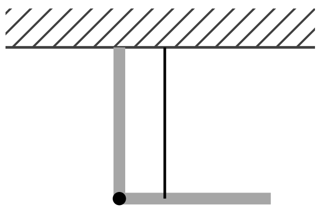


(a) Teža palice je $F_g = 15$ N, sila $F_1 = 20$ N, razdalja $r_1 = 12$ cm. Kolikšna je razdalja r^* in kolikšna je sila F_{os}, ki na mirujočo palico deluje v osi? V kateri smeri deluje na palico? Doriši silo $\vec{F}_{\text{os}}$ na zgornjo skico: upoštevaj njeno prijemališče in smer (ne pa merila). 3

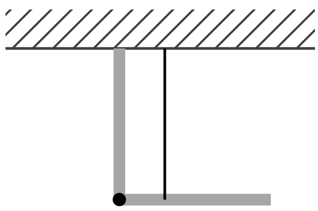
(b) Pod strop pritrdimo dve palici. Zgornja palica ima dolžino 30 cm in maso 2 kg ter je na strop pritrjena togo. Na spodnje krajišče te palice vrtljivo pritrdimo zgornje krajišče spodnje palico z enako dolžino 30 cm in maso $1{,}5$ kg. S kolikšnima silama F_{sp} in F_{st} delujeta na zgornjo palico spodnja palica in strop? Skiciraj vse sile na zgornjo palico tako, da upoštevaš njihova prijemališča in smeri, ne pa merila. 2



(c) Na spodnjo palico v oddaljenosti 5 cm od krajišča, kjer je pripeta na zgornjo palico, privežemo vrvico. Zgornje krajišče vrvice pritrdimo na strop, vrvica je navpična in zadržuje spodnjo palico v vodoravni legi. S kolikšnima silama F_{v} in F_{zg} delujeta na spodnjo palico vrvica in zgornja palica? Skiciraj vse sile na spodnjo palico tako, da upoštevaš njihova prijemališča in smeri, ne pa merila. 2

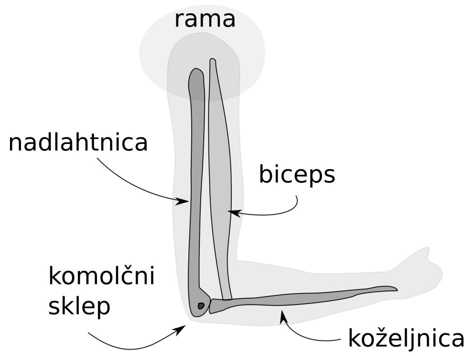


(d) S kolikšnima silama F'_{sp} in F'_{st} delujeta na zgornjo palico spodnja palica in strop? Skiciraj vse sile na zgornjo palico tako, da upoštevaš njihova prijemališča in smeri, ne pa merila.



2

(e) Roka od komolca do dlani ima maso 1,5 kg in dolžino 30 cm. Predpostavi, da je masa enakomerno porazdeljena po celotni dolžini roke (kot da bi bila roka palica). Mišica upogibalka komolca (biceps) je spodaj pripeta na koželjnico 3 cm od osi (komolčnega sklepa), zgoraj pa na ramo. Predpostavi, da sta nadlahtnica in biceps vzporedna in pravokotna na koželjnico.



(i) Kolikšna je sila F_{b}, s katero biceps vleče koželjnico, ko je ta vodoravna in je nadlahtnica navpična?

1

(ii) S kolikšno silo F_{nad} in v kateri smeri deluje v sklepu nadlahtnica na koželjnico?

1

(iii) Masa bicepsa je 1 kg. S kolikšno silo $F_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}}$ in v kateri smeri deluje biceps na ramo?

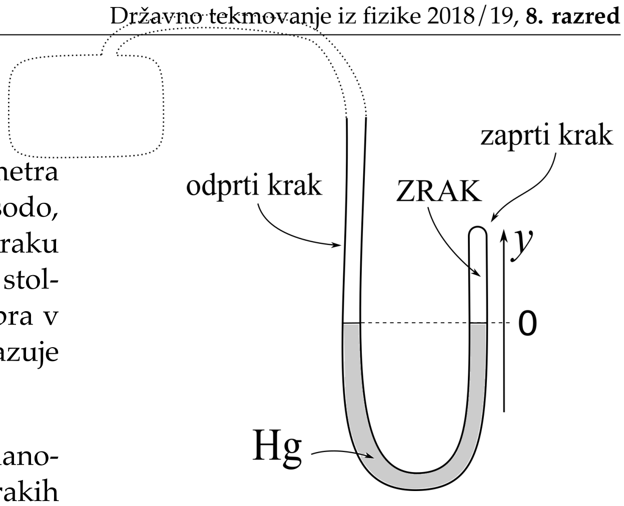
1

(f) V dlan položimo utež, ki ima maso 3 kg. Roko držimo kot prej, v komolcu pod pravim kotom. Kolikšna je zdaj sila bicepsa $F'_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}}$ na ramo?

3

Σ B1

B2 *Pri reševanju naloge si pomagaj s skicami!*



V zaprtem kraku U-cevke živosrebrovega manometra je stolpec zraka, odprti krak pa povežemo s posodo, v kateri želimo izmeriti tlak. Ko je v odprtem kraku cevke manometra tlak 1 bar, je v zaprtem kraku stolpec zraka visok $h_0 = 24$ cm, gladini živega srebra v obeh krakih pa sta poravnani pri $y = 0$, kot prikazuje slika. Presek cevke S je povsod enak.

(a) Kolikšen je tlak zraka p_0 v zaprtem kraku manometra, ko sta gladini živega srebra v obeh krakih poravnani pri $y = 0$ (kot na sliki)? 1

(b) Upoštevaj, da za zrak v zaprtem kraku manometra velja, da je produkt $p \cdot V$ konstanten, $p \cdot V = p_0 \cdot V_0$, kjer je p tlak in $V = S \cdot h$ prostornina zaprtega stolpca zraka. Kolikšen je tlak zraka p_1 v zaprtem kraku manometra, ko se gladina živega srebra v njem dvigne na $y_1 = 4$ cm? 3

(c) Kolikšen je v tem primeru tlak p_1' v posodi, s katero je povezan drugi krak manometra? 2

(d) Kolikšen je tlak zraka p_2 v zaprtem kraku manometra, ko se gladina živega srebra v njem spusti na $y_2 = -4$ cm? 2

(e) Kolikšen je v tem primeru tlak p_2' v posodi, s katero je povezan drugi krak manometra? 2

(f) Kolikšna sta najmanjša možna tlaka zraka v obeh krakih manometra? Nadaljuj obe izjavi, da bosta pravilni. 2

V zaprtem kraku je najmanjši možen tlak zraka p_z ...

(**A**) manjši od 0 bar. (**B**) enak 0 bar. (**C**) večji od 0 bar.

Σ B2

V odprtem kraku je najmanjši možen tlak zraka p_o ...

(**A**) manjši od 0 bar. (**B**) enak 0 bar. (**C**) večji od 0 bar.

Prilepi nalepko s šifro

Tekmovanje iz fizike za zlato Stefanovo priznanje

8. razred

Državno tekmovanje, 6. april 2019

C – eksperimentalna naloga: VSILJENO NIHANJE

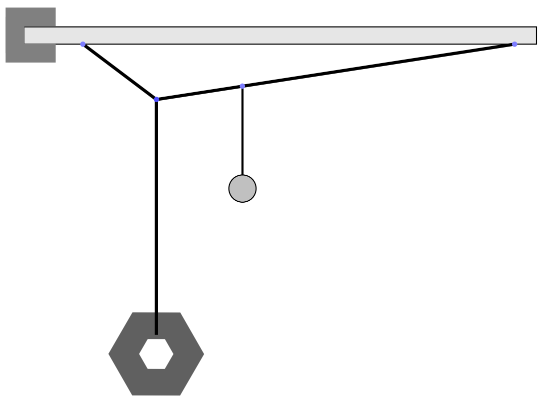
Razišči vsiljeno nihanje dušenega – približno matematičnega – nihala.

Pripomočki
– utež na $0{,}8$ m dolgi vrvici z zankami
– stiroporna kroglica na 25 cm dolgi vrvici
– nosilna lesena palica z napeljano vrvico
– spona za pritrditev nosilne palice na klop
– štoparica
– merilo na poli A3
– sponka za papir
– podloga za sedenje na tleh

Upoštevaj, da pri eksperimentalnih nalogah ocenjujemo tudi natančnost izvedbe poskusa in meritev.

Za reševanje te naloge imaš na voljo 80 minut. Naloga je vredna 26 točk.

Pri poskusu boš prvemu nihalu – lahki kroglici na 25 cm dolgi vrvici – vsiljeval nihanje z drugim nihalom – utežjo na vrvici, katere dolžino lahko spreminjaš.



Nihajni čas je čas, v katerem nihalo opravi 1 nihaj. *Nihaj* je enota gibanja nihala, proces, ko se nihalo giblje iz ene v drugo skrajno lego in spet nazaj v prvo skrajno lego. *Amplituda* nihanja je razdalja (lahko tudi kot) med skrajno in ravnovesno lego nihala.

(a) Trikrat izmeri čas t_{10}, v katerem nihalo s kroglico opravi 10 nihajev. Izračunaj povprečje treh meritev $\bar{t}_{10}$ in iz povprečja *lastni* nihajni čas t_0 ter *lastno* frekvenco nihala ν_0, ki jo izračunaš po enačbi

2

$$\nu_0 = \frac{1}{t_0} \, .$$

Meritve in rezultate računov vpiši v razpredelnico.

meritve			izračuni		
t_{10} [s]	t_{10} [s]	t_{10} [s]	$\bar{t}_{10}$ [s]	t_0 [s]	$\nu_0 \left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right]$

Nihalo z utežjo med to meritvijo visi (miruje) na vrvici.

(b) V približno koliko nihajih se amplituda nihanja nihala s kroglico zmanjša na polovico?

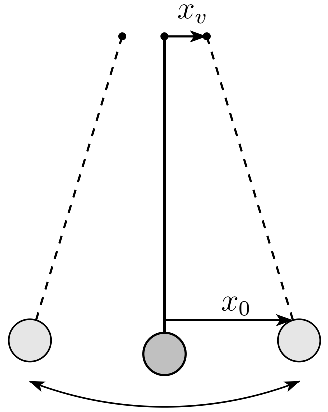
1

(c) Pri vsaj 8 različnih dolžinah nihala z utežjo izmeri, kako niha nihalo s kroglico. Pri izbrani dolžini nihala izmeriš 3 parametre – t_{10} (za nihalo z utežjo), x_v in x_0 (za nihalo s kroglico, razloženo v nadaljevanju) –, potem šele spremeniš dolžino vrvice. Vsaj 3 frekvence nihanja morajo biti manjše in vsaj 3 morajo biti večje od lastne frekvence nihala z lahko kroglico ν_0.

7

Na začetku vsake meritve nihalo s kroglico miruje, nihalo z utežjo pa odkloniš v smeri pravokotno na nosilno palico za približno $30°$ (kot, označen na listu z merilom) in spustiš, da zaniha. Pri izbrani dolžini nihala z utežjo **najprej** izmeri čas t_{10}, v katerem nihalo z utežjo opravi 10 nihajev. Vpiši ga v prvi stolpec razpredelnice.

V nadaljevanju, ko obe nihali nihata že vsaj 30 sekund, izmeri *amplitudo vsiljevanja* x_v in takoj zatem še amplitudo x_0, s katero niha nihalo s kroglico (glej sliko). Amplituda vsiljevanja je amplituda, s katero niha zgornje krajišče nihala s kroglico: točka, v kateri je nihalo s kroglico privezano na vrvico, ki nosi obe nihali. Amplitude meriš z merilom na poli. Izmerjeni amplitudi x_v in x_0 zapiši v 2. in 3. stolpec razpredelnice.



(c)			(d)	
t_{10} [s]	x_v [cm]	x_0 [cm]	$\nu \left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right]$	$\frac{x_0}{x_v}$

(d) Za vsako meritev izračunaj frekvenco nihanja ν ter razmerje med amplitudo nihanja x_0 in amplitudo vsiljevanja x_v ter izračunane vrednosti (na dve decimalni mesti) vpiši v zadnja dva stolpca razpredelnice. 2

(e) V koordinatni sistem nariši graf, ki prikazuje, kako je razmerje med amplitudama $\frac{x_0}{x_v}$ odvisno od frekvence (vsiljenega) nihanja ν (*resonančno krivuljo*). Na grafu označi tudi lastno frekvenco nihala s kroglico ν_0. 4

(f) Kateremu številu se približuje razmerje $\frac{x_0}{x_v}$, ko je frekvenca (vsiljenega) nihanja ν **mnogo manjša** od lastne frekvence nihala ν_0 (velja $\frac{\nu}{\nu_0} \ll 1$)?

2

$$\frac{x_0}{x_v} \longrightarrow \underline{\hspace{3cm}}, \quad \text{ko} \quad \frac{\nu}{\nu_0} \ll 1\,.$$

(g) Kateremu številu se približuje razmerje $\frac{x_0}{x_v}$, ko je frekvenca (vsiljenega) nihanja ν **mnogo večja** od lastne frekvence nihala ν_0 (velja $\frac{\nu}{\nu_0} \gg 1$)?

2

$$\frac{x_0}{x_v} \longrightarrow \underline{\hspace{3cm}}, \quad \text{ko} \quad \frac{\nu}{\nu_0} \gg 10\,.$$

(h) S črtkano črto v koordinatni sistem pri (e) doriši graf na območjih frekvenc $\nu \ll \nu_0$ in $\nu \gg \nu_0$.

2

(i) Zakaj moraš, kot piše v navodilih, na začetku z meritvijo amplitude nihanja nihala s kroglico počakati?

1

(j) Zapiši tri opažanja o nihanju posameznega nihala ali o povezavi med nihanjem obeh nihal, ki niso povezana z obliko resonančne krivulje.

3

Prilepi nalepko s šifro

Tekmovanje iz fizike za zlato Stefanovo priznanje

9. razred

Državno tekmovanje, 6. april 2019

A1	A2	A3	A4	A5

B1	B2

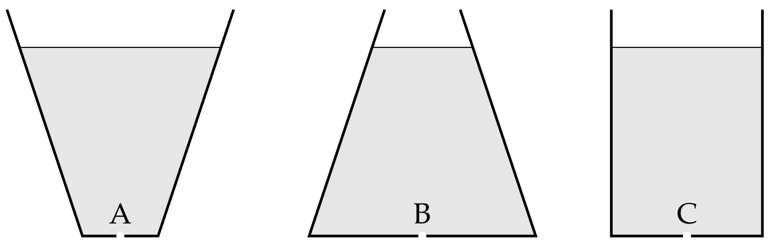
C

Naloge iz sklopov A in B rešuješ 80 minut. Uporabljaš lahko pisalo, geometrijsko orodje, žepno računalo ter list s fizikalnimi obrazci in konstantami.

Pozorno preberi besedilo naloge in po potrebi nariši skico. V sklopu A obkroži črko pred pravilnim odgovorom in jo vpiši v levo preglednico (zgoraj). Pravilen odgovor se točkuje z 2 točkama, nepravilen odgovor ali več odgovorov z **1 negativno točko**, neodgovorjeno vprašanje pa z 0 točkami. Naloge v sklopu B rešuj na tej poli. **Iz napisanega mora biti razvidno, kako si prišel do rezultata.** V sklopu B je število točk za pravilno rešitev navedeno pri nalogi. Negativnih točk v sklopu B ni.

Želimo ti veliko uspeha pri reševanju nalog!

A1 Tri (osno simetrične) posode, ki jih prikazuje slika, vsebujejo enako prostornino vode, ki v njih sega do iste višine nad dnom. Posode imajo v dnu enako veliko luknjico. Luknjice hkrati odmašimo. Katera posoda se prva izprazni?



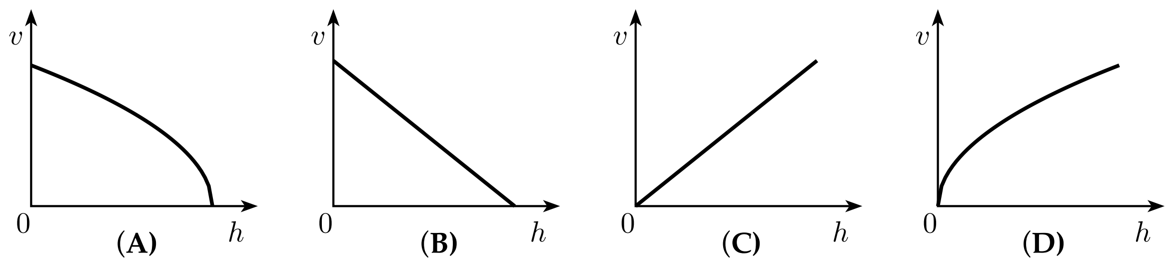
(**A**) A

(**B**) B

(**C**) C

(**D**) Vse se izpraznijo hkrati.

A2 Vrana spusti iz kljuna oreh, da prosto pade na asfaltirano cesto. Kateri graf pravilno prikazuje, kako se z višino, na kateri je oreh, spreminja njegova hitrost?



A3 Težni pospešek telesa z maso m na planetu z maso M določa gravitacijska sila med telesoma

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

kjer je $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{s}^2}$ gravitacijska konstanta, i r pa razdalja med njunima težiščema. Nasina sonda *InSight* je 26. novembra 2018 pristala na Marsu. Kolikšen gravitacijski pospešek (približno) deluje nanjo na Marsu? Polmer Marsa je 3390 km, masa pa $6{,}42 \cdot 10^{23}$ kg.

(**A**) $1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (**B**) $4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (**C**) $5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (**D**) $10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

A4 V letu 2015 so v Sloveniji načrpali 165 milijonov kubičnih metrov pitne vode. S toliko vode bi ...

(**A**) do vrha napolnili šolsko učilnico.

(**B**) do vrha napolnili šolo.

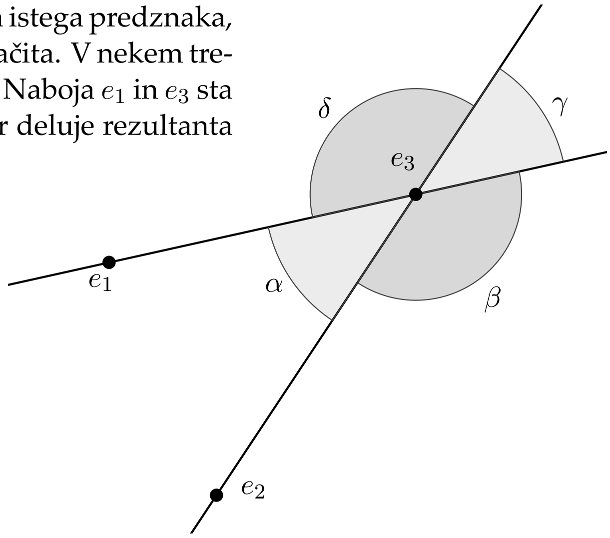
(**C**) napolnili Blejsko jezero (ki ima obseg 6 km in povprečno globino 18 m).

(**D**) preplavili mesto Ljubljana z $1{,}5$ m globoko plastjo vode (mesto sega še malo izven *Poti ob žici*, ki obkroža mesto in je dolga 35 km).

A5 Med električnimi naboji delujejo sile. Če sta naboja istega predznaka, se odbijata, če sta nasprotnega predznaka, se privlačita. V nekem trenutku so v ravnini trije naboji, kot prikazuje slika. Naboja e_1 in e_3 sta pozitivna, naboj e_2 pa je negativen. V katero smer deluje rezultanta sil na naboj e_3? V smer znotraj kota ...

(**A**) α. (**B**) β.

(**C**) γ. (**D**) δ.



V sklopu B rezultat dvakrat podčrtaj.

B1 *Pri reševanju naloge si pomagaj s skicami in z načrtovanjem. Predpostavi, da je Zemlja krogla (zanemari njeno sploščenost).*

Mohudi je doma v Kampali v Ugandi, ki leži skoraj na ekvatorju. Mohudi je ultramaratonec.

(a) Maraton je dolg 26 (mednarodnih) milj in 385 jardov. Milja meri $1609{,}344$ m ali 1760 jardov. Izračunaj, koliko kilometrov je dolg maraton. Rezultat zapiši na tri decimalna mesta natančno. 1

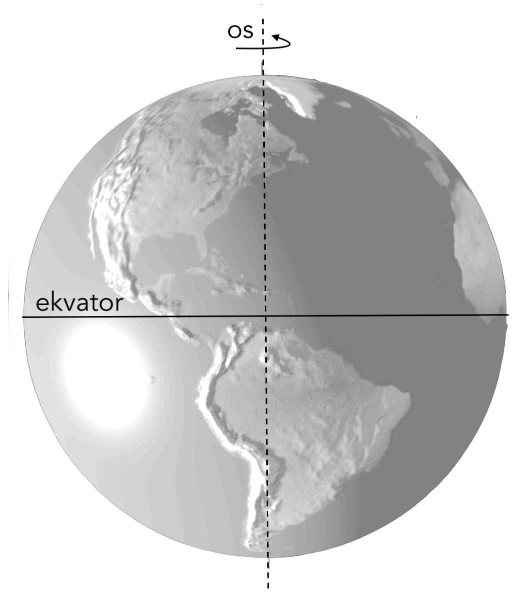
(b) Koliko geografskih stopinj meri en časovni pas (časovna razlika med sosednjima časovnima pasovoma je 1 ura)? Kolikšna časovna razlika ustreza 1° razlike v geografski dolžini? 2

(c) Obseg Zemlje po ekvatorju je $40\,075$ km. Koliko maratonskim razdaljam ustreza 1° razlike v geografski dolžini na ekvatorju? 2

(d) Mohudi lahko teče s hitrostjo 16 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ več ur. Koliko časa naj teče točno proti zahodu (po ekvatorju), da bo pretekel 1° geografske dolžine?

1

(e) Koliko časa bi Mohudi potreboval, da bi pretekel s svojo stalno hitrostjo razdaljo, ki ustreza 1° razlike v geografski dolžini v Ljubljani, če bi tekel naravnost proti vzhodu?



3

(f) Na kateri geografski širini je razdalja vzdolž vzporednika med krajema, ki imata isto geografsko širino, njuni geografski dolžini pa se razlikujeta za 1°, enaka dolžini maratona?

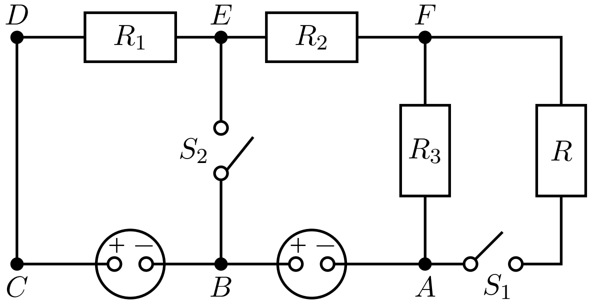
3

(g) Koliko časa bi Mohudi potreboval, da bi pretekel s svojo stalno hitrostjo razdaljo med Kampalo in Mbararo, ki leži 1° južno in 2° zahodno od Kampale, če bi tekel enakomerno in naravnost od Kampale proti Mbarari? Ukrivljenost Zemlje zanemari.

2

Σ B1

B2 Maja meri napetost na različnih delih električnega kroga, ki ga prikazuje slika. Uporabi dve bateriji z gonilno napetostjo $4{,}5$ V, štiri enake upornike, $R_1 = R_2 = R_3 = R$, ter dve stikali S_1 in S_2.



Upoštevaj, da je napetost U na posameznem uporniku premo sorazmerna toku I, ki teče skozi upornik, $U = R \cdot I$. Sorazmernostni koeficient R je upor upornika, ki ga merimo v *ohmih* Ω, $\left[\Omega = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}\right]$. Upor posameznega upornika je $30\,\Omega$.

(a) Na začetku sta obe stikali razklenjeni (kot prikazuje shema). Maja priključi voltmeter med različne točke v krogu. Kombinacije, ki jih izbere, so navedene v prvem stolpcu razpredelnice. V stolpec (a) razpredelnice vpiši napetosti, ki jih izmeri.

točki	(a) U [V]	(c) U [V]	(e) U [V]
$A - B$			
$A - C$			
$C - D$			
$A - D$			
$D - E$			
$C - F$			
$B - E$			
$F - A$			

3

(b) Kolikšen tok teče po krogu?

1

(c) V nadaljevanju poskusa Maja sklene stikalo S_1 in ponovi meritve. V stolpec (c) razpredelnice vpiši napetosti, ki jih izmeri.

3

(d) Kolikšen tok teče skozi bateriji, ko je stikalo S_1 sklenjeno, stikalo S_2 pa razklenjeno?

1

(e) Maja sklene še stikalo S_2 ter ponovi meritve. V stolpec (e) razpredelnice vpiši napetosti, ki jih izmeri.

3

(f) Kolikšen tok teče skozi stikalo S_2, ko sta obe stikali sklenjeni? V kateri smeri teče?

3

Σ B2

Prilepi nalepko s šifro

Tekmovanje iz fizike za zlato Stefanovo priznanje

9. razred

Državno tekmovanje, 6. april 2019

C – eksperimentalna naloga: TALJENJE LEDU S SOLJO

Razišči, kako se v lončku, kjer imaš zmes ledu in kuhinjske soli ter se led tali, spreminja temperatura zmesi.

Pripomočki
– plastičen kozarček
– zdrobljen led (20 g)
– kuhinjska sol (6 g) v majhni papirnati ovojnici
– termometer
– štoparica
– papirnata brisača

Upoštevaj, da pri eksperimentalnih nalogah ocenjujemo tudi natančnost izvedbe poskusa in meritev. **Prvih 20 minut samo meri. V nadaljevanju je pomembno, da so meritve natančne.**

Za reševanje te naloge imaš na voljo 80 minut. Naloga je vredna 27 točk.

(a) *Preden začneš meriti, preberi navodilo do prve razpredelnice.*

Pri poskusu 20 minut meriš temperaturo talečega se ledu. Meritve ob časih, navedenih v razpredelnici, vpiši v razpredelnico. Štoparico sprožiš, ko v led streseš pripravljeno sol. To je trenutek $t = 0$. Ko preteče 20 minut, končaš s prvim delom meritev. Termometer pusti v zmesi, štoparica naj še teče (ni še konec eksperimentalnega dela).

V lonček stresi 20 g zdrobljenega ledu. Led dobiš pri pomočnikih. Izmeri temperaturo ledu.

Temperatura ledu: ______________

Pripravi štoparico. V lonček stresi še pripravljenih 6 g soli in v istem trenutku sproži štoparico ter prični meriti čas in temperaturo. **Zmes stalno mešaj s termometrom.** Če se na zunanji strani lončka nabere voda (ali led), lonček s papirnato brisačo obriši. V razpredelnici podčrtaj čas, ob katerem se led v lončku v celoti stali. Če se v 20 minutah led ne stali v celoti, nadaljuj z meritvijo, dokler se ne stali ves led, nato pa še 2 minuti.

7

t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]	t [min]	T [°C]
0		3,0		9,0		15,0			
0,5		4,0		10,0		16,0			
1,0		5,0		11,0		17,0			
1,5		6,0		12,0		18,0			
2,0		7,0		13,0		19,0			
2,5		8,0		14,0		20,0			

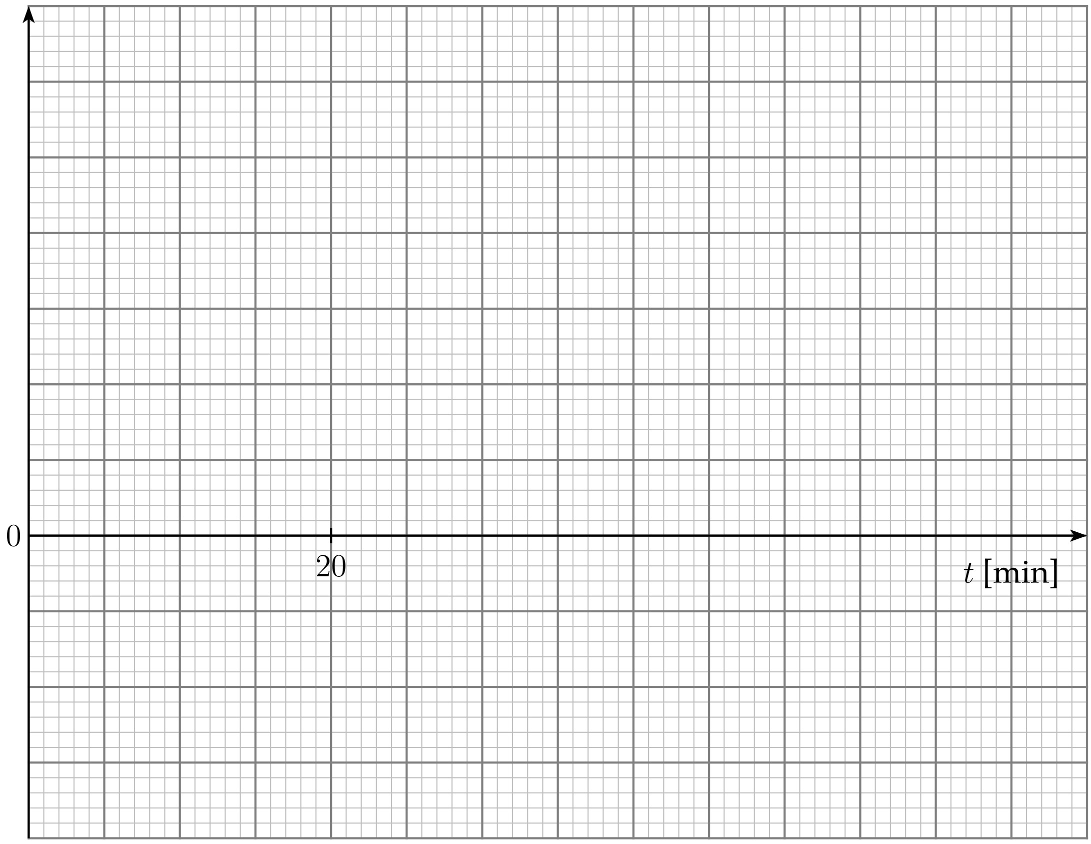
(b) Termometer pusti v lončku. Občasno preveri temperaturo zmesi T v lončku. Ko bo temperatura zmesi približno $T = 10\,°\mathrm{C} \pm 2\,°\mathrm{C}$, med mešanjem zmesi meri čas Δt, v katerem se zmes segreje za $\Delta T = 1\,°\mathrm{C}$. Podatke (koliko časa je minilo od začetka poskusa t, T, Δt in temperaturo zraka v učilnici T_o) zapiši v razpredelnico.

3

t [min]	T [°C]	Δt [s]	T_o [°C]

(c) V koordinatni sistem nariši graf, ki prikazuje, kako se je s časom spreminjala temperatura zmesi v lončku od trenutka, ko si v lonček stresla sol. Označi trenutek, ko se je stalil ves led.

3



(d) Ko se stali ves led, ima zmes v lončku temperaturo, ki je nižja od temperature okolice. Skozi stene lončka (in gladino) prejema zmes iz okolice toploto in se še naprej segreva. V svojih meritvah izberi časovno območje 1 minute, ki ustreza opisanemu dogajanju. To območje v razpredelnici pri (a) označi (obkroži ga in dopiši oznako (d)). Izračunaj, koliko toplote je zmes v lončku v tej minuti prejela iz okolice. Specifična toplota tvoje raztopine slane vode je $3300\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$.

3

(e) Toplotni tok $P = \frac{Q}{\Delta t}$, ki teče v zmes, je premo sorazmeren razliki med temperaturo zmesi T in temperaturo okolice T_o. Zapišemo lahko

3

$$P = K \cdot (T_\mathrm{o} - T)\,.$$

Koeficient K je odvisen od toplotnih in geometrijskih lastnosti lončka. Izračunaj $K_{(\mathrm{d})}$ iz svojih meritev pri (d) in $K_{(\mathrm{b})}$ iz meritev pri (b). Zaokroži ju na 3 decimalna mesta.

(f) V svojih meritvah izberi tako časovno območje 1 minute, ko je bila v lončku ledena zmes in se je njena temperatura čim manj spremenila, tako da lahko spremembo temperature zanemariš. Območje označi v razpredelnici pri (a) (obkroži ga in dopiši oznako (f)). Izračunaj, koliko ledu se je v tej minuti stalilo.

3

(g) Graf, ki si ga narisala, nadaljuj v skladu s svojo domnevo, kako se bo temperatura zmesi spreminjala še naprej.

2

(h) V isti koordinatni sistem s **črtkano** črto nariši graf, ki prikazuje, kako bi se spreminjala temperatura zmesi, če bi bil koeficient K pol manjši.

3

Predlagaj dva ukrepa, s katerima bi lahko zmanjšala K.

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:

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

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 $S = 1$ dm^2. Na tla pritiska s silo $F = 500$ N in tlakom

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

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

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

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

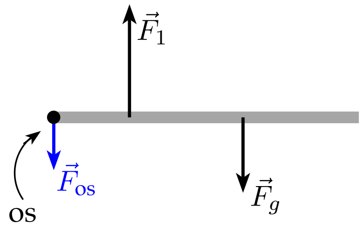
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0{,}348\,\mathrm{kg}}{0{,}406\,\mathrm{dm}^3} = 0{,}857\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{dm}^3} \quad (\mathrm{B})\,.$$

Sklop B:

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

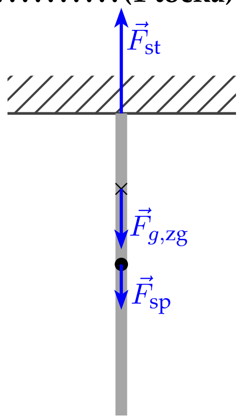
$$r^* = r_1 \cdot \frac{F_1}{F_g} = 12\,\mathrm{cm} \cdot \frac{20\,\mathrm{N}}{15\,\mathrm{N}} = 16\,\mathrm{cm}.$$

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



Za pravilen r^* .... (1 točka)
Za pravilno velikost F_{os} .... (1 točka)
Za pravilno smer in prijemališče $\vec{F}_{\mathrm{os}}$ .... (1 točka)

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

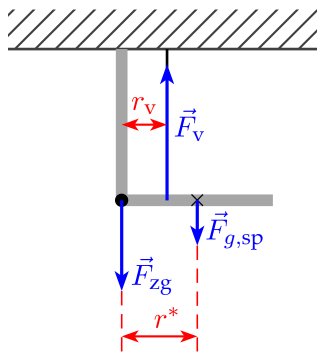


Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile spodnje palice $\vec{F}_{\mathrm{sp}}$ .... (1 točka)
Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile stropa $\vec{F}_{\mathrm{st}}$ .... (1 točka)

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

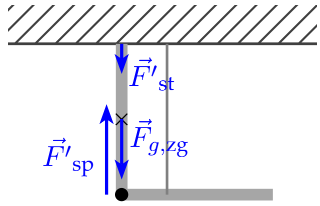
$$F_{\mathrm{v}} = F_{g,\mathrm{sp}} \cdot \frac{r^*}{r_{\mathrm{v}}} = 15\,\mathrm{N} \cdot \frac{15\,\mathrm{cm}}{5\,\mathrm{cm}} = 45\,\mathrm{N}.$$

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 $F_{\mathrm{zg}} = 30$ N.



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

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



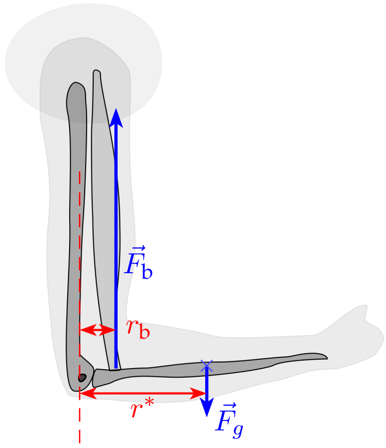
Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile spodnje palice $\vec{F'}_{\mathrm{sp}}$ .... (1 točka)

Za pravilno velikost in smer (razvidna na skici) sile stropa $\vec{F'}_{\mathrm{st}}$ .... (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 $r_{\mathrm{b}} = 3$ cm sila bicepsa F_{b}. Roka miruje, velja $F_g \cdot r^* = F_{\mathrm{b}} \cdot r_{\mathrm{b}}$. Iz znanih vrednosti izračunamo silo bicepsa na koželjnico,

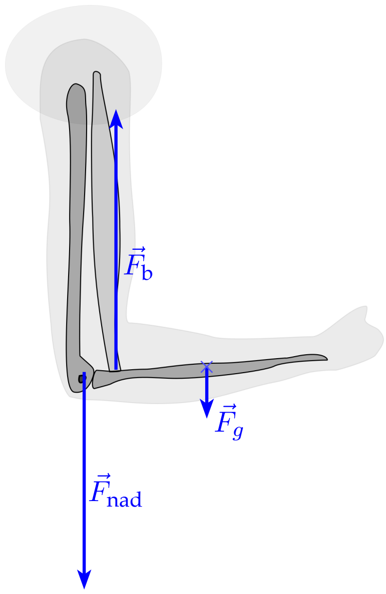
$$F_{\mathrm{b}} = F_g \cdot \frac{r^*}{r_{\mathrm{b}}} = 15\,\mathrm{N} \cdot \frac{15\,\mathrm{cm}}{3\,\mathrm{cm}} = 75\,\mathrm{N}.$$

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 $F_{\mathrm{b}} = F_g + F_{\mathrm{nad}}$. Nadlahtnica v komolčnem sklepu deluje na koželjnico v smeri navzdol s silo $F_{\mathrm{nad}} = F_{\mathrm{b}} - F_g = 60$ N.

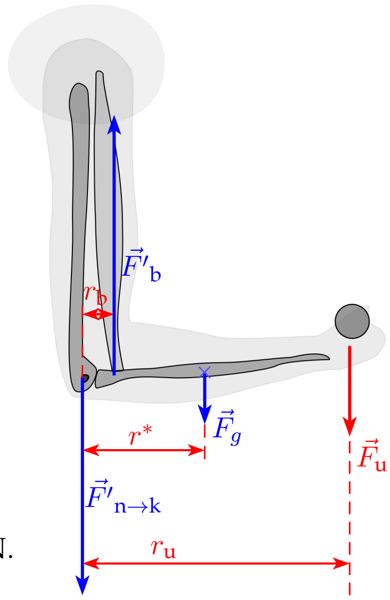
Za pravilno silo nadlahtnice (velikost in smer) $\vec{F}_{\mathrm{nad}}$ .. ..(1 točka)



(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 $F_{\mathrm{k}\to\mathrm{b}} = F_{\mathrm{b}} = 75$ N in teža $F_{g,\mathrm{b}} = 10$ N. Navzgor ga vleče sila rame $\vec{F}_{\mathrm{r}\to\mathrm{b}}$, ki uravnoveša $\vec{F}_{\mathrm{k}\to\mathrm{b}}$ in $\vec{F}_{g,\mathrm{b}}$ ter meri $F_{\mathrm{r}\to\mathrm{b}} = 85$ N. Sila bicepsa na ramo je po velikosti enaka, po smeri pa nasprotna: $F_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}} = F_{\mathrm{r}\to\mathrm{b}} = 85$ N, biceps ramo vleče navzdol.

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

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



Roka miruje. Prvi pogoj za ravnovesje se glasi

$$F'_\mathrm{b} \cdot r_\mathrm{b} = F_g \cdot r^* + F_\mathrm{u} \cdot r_\mathrm{u}\,,$$

odkoder izrazimo silo bicepsa

$$\begin{aligned} F'_\mathrm{b} &= \frac{1}{r_\mathrm{b}} \cdot (F_g \cdot r^* + F_\mathrm{u} \cdot r_\mathrm{u}) = F_g \cdot \frac{r^*}{r_\mathrm{b}} + F_\mathrm{u} \cdot \frac{r_\mathrm{u}}{r_\mathrm{b}} = \\ &= 15\,\mathrm{N} \cdot \frac{15\,\mathrm{cm}}{3\,\mathrm{cm}} + 30\,\mathrm{N} \cdot \frac{30\,\mathrm{cm}}{3\,\mathrm{cm}} = 75\,\mathrm{N} + 300\,\mathrm{N} = 375\,\mathrm{N}. \end{aligned}$$

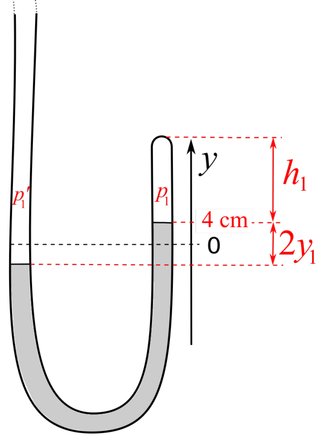
S tolikšno silo deluje biceps spodaj na koželjnico (jo vleče navzgor), zgoraj pa na ramo še z 10 N večjo silo (zaradi lastne teže) $F_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}} = 385\,\mathrm{N}$ (jo vleče navzdol).

Za pravilno silo bicepsa na ramo (velikost in smer) $\vec{F'}_{\mathrm{b}\to\mathrm{r}}$ **. . . . . (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 $h_1 = h_0 - y_1 = 24\,\mathrm{cm} - 4\,\mathrm{cm} = 20\,\mathrm{cm}$. 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,



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

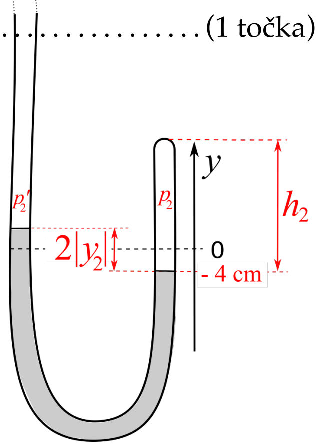
Za pravilen tlak .... **(3 točke)**
Za pravilno višino h_1 .... (1 točka)
Za zapisano zvezo $p \cdot h = p_0 \cdot h_0$ .... (1 točka)

(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, $\rho_{\mathrm{Hg}} = 13\,550\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Zapišemo z gostoto (ali pa s specifično težo $\sigma = \rho \cdot g$)

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

Za pravilen tlak .... **(2 točki)**
Za pravilno zvezo $p_1' = p_1 + \rho_{\mathrm{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot y_1)$ .... (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 $h_2 = h_0 + |y_2| = 24\,\mathrm{cm} + 4\,\mathrm{cm} = 28\,\mathrm{cm}$. 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,



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

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

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

Za pravilen tlak .... **(2 točki)**
Za pravilno zvezo $p_2' = p_2 - \rho_{\mathrm{Hg}} \cdot g \cdot (2 \cdot |y_2|)$ .... (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

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

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

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

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

Za tri meritve, povprečje in pravilen nihajni 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 pravilen 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 pravilnih 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 $0{,}65\,\mathrm{s}^{-1}$ .... (1 točka)

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

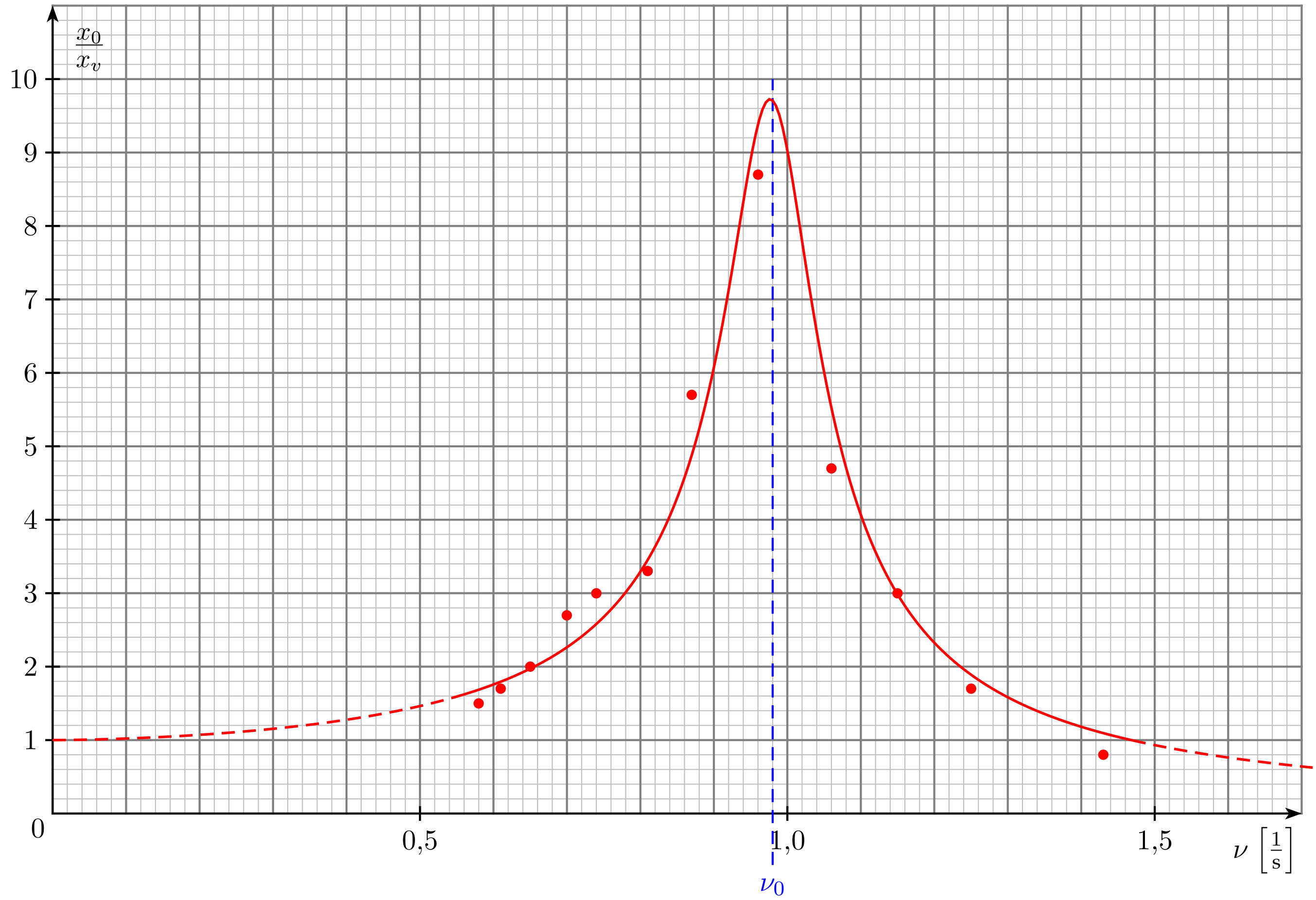
(d) V delu (d) razpredelnice so izračunane frekvence ν in razmerja med amplitudama nihanja in vsiljevanja $\frac{x_0}{x_v}$.

Za vsaj 7 pravilno izračunanih frekvenc .... (1 točka)

Za vsaj 7 pravilno izračunanih razmerij .... (1 točka)

(c)			(d)	
t_{10} [s]	x_v [cm]	x_0 [cm]	ν $\left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right]$	$\frac{x_0}{x_v}$
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 narisan 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, $\frac{x_0}{x_v} \to 1$ (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, $\frac{x_0}{x_v} \to 0$ (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 opažanje .... (2 točki)

(j) Kar veliko podrobnosti lahko opazimo, če pozorno opazujemo nihanje teh dveh nihal.

- 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 opažanja .... (3 točke)
Za posamezno pravilno opažanje .... (1 točka)

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

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.

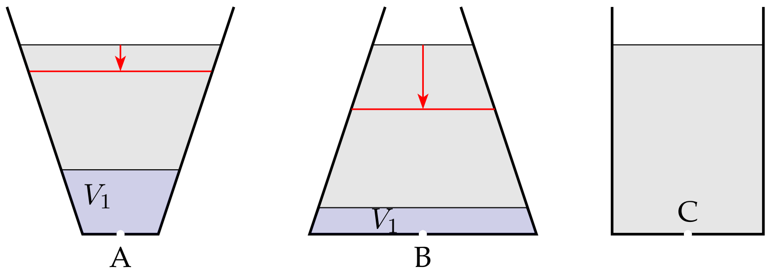
Sklop A:
V sklopu **A** je pravilen odgovor ovrednoten z 2 točkama. Nepravilen odgovor ali več odgovorov se točkuje z 1 negativno točko, neodgovorjeno vprašanje pa z 0 točkami. Upoštevajo se izključno odgovori, ki jih je tekmovalec zapisal v preglednico. Pravilni odgovori so:

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 m^3.

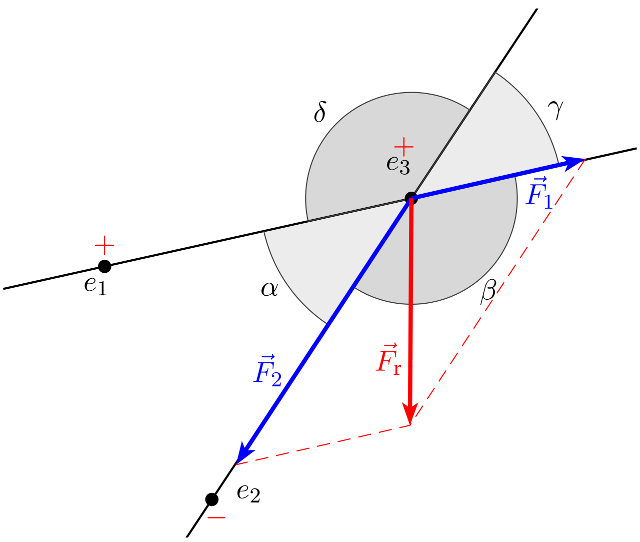
(B) Robovi šole merijo $a = 80$ m, $b = 80$ m in $c = 15$ m, prostornina šole je $V_{(\mathrm{B})} = a \cdot b \cdot c = 96\,000\,\mathrm{m}^3$, kar je še vedno daleč od milijonov m^3.

(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 m^3 vode, kar je še vedno precej manj kot 165 milijonov 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 ≈ 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 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 β (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

$$\frac{360°}{24} = 15°.$$

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_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)

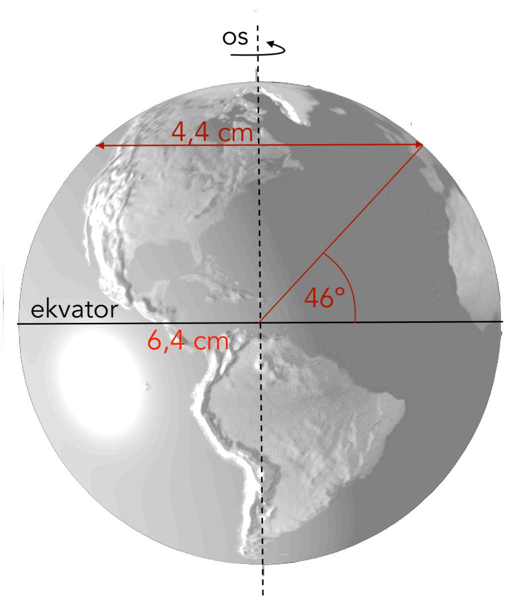
(d) Mohudi preteče s hitrostjo $v = 16\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ razdaljo, ki na ekvatorju ustreza razliki 1° v geografski dolžini, v času

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

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_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_{Lj} lahko izračunamo tudi iz l_{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)

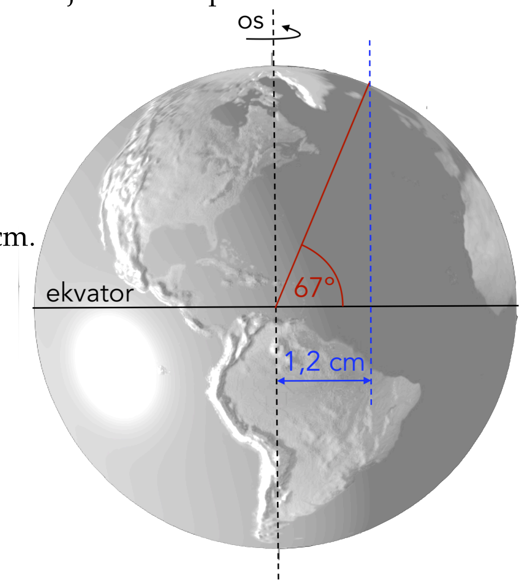
(f) Dolžina loka l_α na vzporedniku pri geografski širini α, ki jo iščemo, je enaka dolžini maratona. Po enakem razmisleku kot pri prejšnjem vprašanju lahko zapišemo

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

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

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

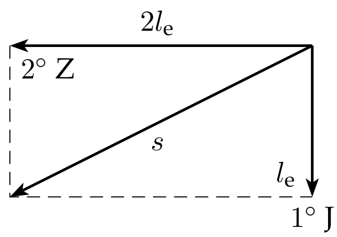
Polmer r_α je polovica premera, $r_\alpha = 1{,}2$ cm. Na sliki Zemlje narišemo v oddaljenosti r_α od osi vzporednico Zemljini vrtilni osi. Vzporednica na sliki seka Zemljino površino (rob) v točki, ki ima geografsko širino α, ki jo iščemo. Na sliki izmerimo, da je $\alpha = 67^\circ$ (pri tečajniku,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



Za pravilno geografsko širino $\alpha = 67^\circ$ .... **(3 točke)**
Za pravilno dolžino loka (s_{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

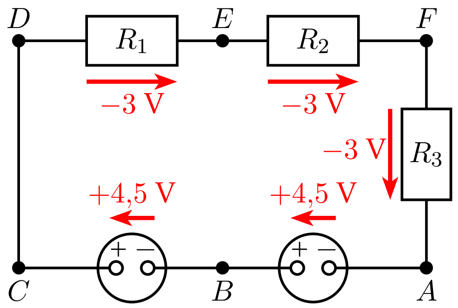
$$t_{\mathrm{KM}} = \frac{s}{v} = \frac{248{,}92\,\mathrm{km}\cdot\mathrm{h}}{16\,\mathrm{km}} = 15\,\mathrm{h}\,33\,\mathrm{min}\,27\,\mathrm{s}.$$

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),

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

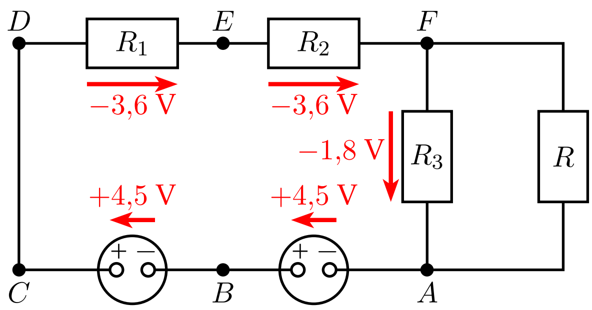
Za pravilen tok .... **(1 točka)**

(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.



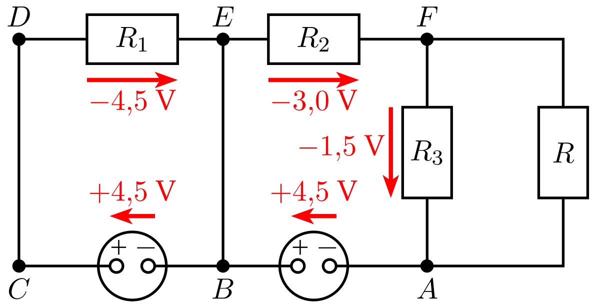
Za 8 pravilnih napetosti v stolpcu (c) .... **(3 točke)**
Za 6 ali 7 pravilnih napetosti v stolpcu (c) .... (2 točki)
Za 4 ali 5 pravilnih napetosti v stolpcu (c) .... (1 točka)

(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,

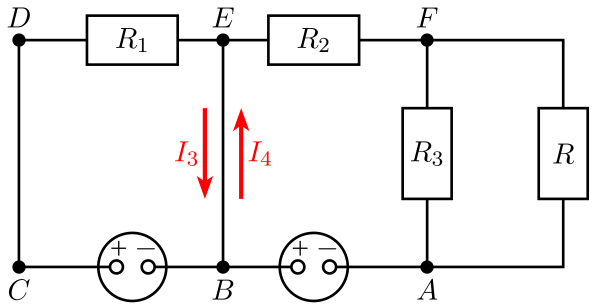


$$U_2 + \frac{1}{2}U_2 = 4{,}5\,\mathrm{V}.$$

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 $T_0 = 0\,°\text{C} \pm 1\,°\text{C}$ (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

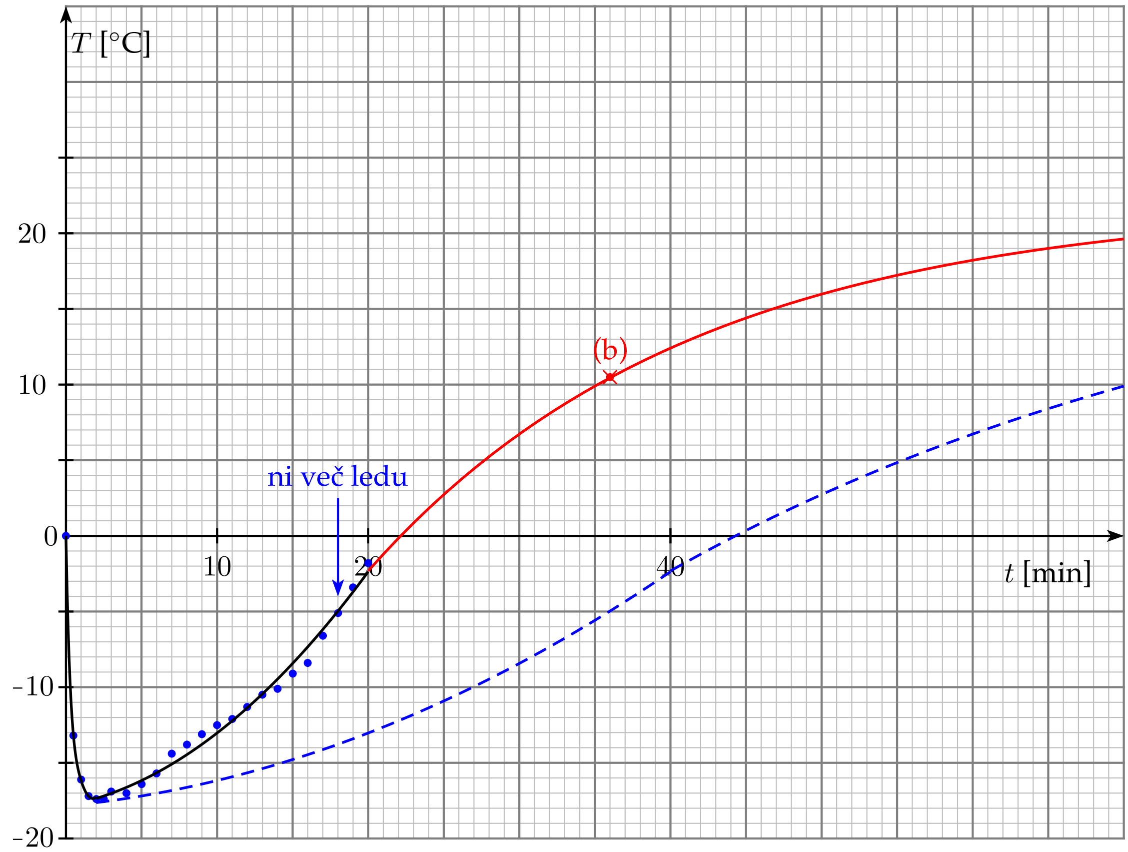
Za v celoti primerne meritve . . . . **(7 točk)**
Za začetno temperaturo ledu v okviru tolerance . . . . (1 točka)
Za najnižjo temperaturo zmesi pod $-16\,°$**C** . . . . (1 točka)
Za čas, ko se stali ves led, pod 19 **minut (označen)** . . . . (1 točka)
Za minimalno vrednost temperature pri $t = 2$ **min** ± 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]	Δt [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** ± 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 $T_1 = -5{,}1\,°\mathrm{C}$ do $T_2 = -3{,}4\,°\mathrm{C}$, torej za $\Delta T = 1{,}7\,°\mathrm{C}$. 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 $c = 3300\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$. Masa raztopine je $m = m_{\mathrm{NaCl}} + m_{\mathrm{led}} = 26$ g. V izbranem časovnem intervalu je zmes prejela toploto

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

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

$= 25{,}6$ 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 $10{,}3\,°\mathrm{C}$ na $11{,}3\,°\mathrm{C}$ in je povprečna temperatura zmesi $\bar{T}_{(\mathrm{b})} = 10{,}8\,°\mathrm{C}$. Temperaturna razlika, ki poganja toplotni tok, je $\Delta T_{(\mathrm{b})} = T_{\mathrm{o}} - \bar{T}_{(\mathrm{b})} = 10{,}5\,°\mathrm{C} = 10{,}5$ 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 $T_{\mathrm{o}} = 21{,}3\,°\mathrm{C}$ in (povprečno) temperaturo ledene zmesi v tem času $\bar{T}_{(\mathrm{f})} = -16{,}9\,°\mathrm{C}$, $\Delta T_{(\mathrm{f})} = T_{\mathrm{o}} - \bar{T}_{(\mathrm{f})} = 38{,}2\,°\mathrm{C} = 38{,}2$ 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_{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_{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**.