**Društvo matematikov, fizikov
in astronomov Slovenije**

Jadranska ulica 19
1000 Ljubljana

Tekmovalne naloge DMFA Slovenije

45. FIZIKALNO TEKMOVANJE SREDNJEŠOLCEV SLOVENIJE
Regijsko tekmovanje, 23. 3. 2007

Skupina I

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost 9,8 m/s^2.

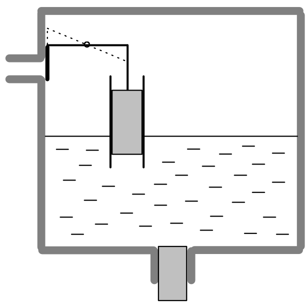
1. Ko potujemo iz kraja v kraj, se pogosto zgodi, da najkrajša pot ni tudi najhitrejša. Poglejmo tipično situacijo v Sloveniji. Po medkrajevnih cestah potujemo s povprečno hitrostjo 80 km/h, po avtocestah pa s povprečno hitrostjo 110 km/h. Voznik želi priti do oddaljenega kraja v najkrajšem času. Če vozi po avtocesti, je njegova pot sestavljena iz 30 km dolgega avtocestnega odseka, prevoziti pa mora še skupno dodatnih 12 km po medkrajevnih cestah, da pride do avtoceste in da se z avtoceste pripelje do cilja. Če vozi po medkrajevni cesti, mora prevoziti 30 km.

   a) Katero pot naj izbere, da bo hitreje prišel na cilj? Odgovor računsko utemelji!

   Naj bo pri poljubni razdalji med krajema A in B pot po medkrajevni cesti enako dolga kot avtocestni odsek med A in B, vendar je pri slednjem pot daljša še za skupno 12 km medkrajevne ceste, po kateri pridemo iz kraja A do avtoceste in od konca avtoceste do kraja B.

   b) Najmanj kolikšna mora biti dolžina medkrajevne ceste iz kraja A v kraj B, da jo bo voznik hitreje prevozil po avtocesti?

2. Količina vode, ki se natoči v kotliček straniščne školjke po končanem izplakovanju, je regulirana s sistemom plovca in loputice za zapiranje dotoka vode, kakor je prikazano na sliki. Lega valjastega plovca iz stiropora prek vzvoda določa lego loputice. Gibanji plovca in loputice sta z vodili omejeni na navpično smer. Ko je prečka vzvoda vodoravna, loputica ravno popolnoma zapre dotok vode. Os vzvoda je skonstruirana tako, da je to tudi skrajna lega vzvoda. Da bi povečali količino vode, ki se po izplakovanju natoči v kotliček, v stiropor plovca zatlačimo majhno kovinsko utež. Oblika plovca se pri tem ne spremeni.



   a) Kolikšna mora biti masa uteži, da količino natočene vode povečamo za 1,0 l?

   b) Za koliko največ lahko na ta način povečamo količino natočene vode, da bi sistem za reguliranje še deloval?

   Kotliček ima obliko kvadra s ploščino osnovne ploskve 300 cm^2 in dovolj veliko višino. Ploščina osnovne ploskve plovca je 30 cm^2, njegova višina pa 10 cm. Gostota stiropora je 30 kg/m^3, gostota vode pa 1000 kg/m^3.

3. Viljem Tell je zaradi svoje nepokorščine Hermanu Gesslerju moral s samostrelom streljati v jabolko na glavi svojega 1,5 m visokega sina Valterja. Ker je bil nezgrešljivi strelec, je to preizkušnjo uspešno opravil. Denimo, da je masa puščice 100 g, masa jabolka pa 200 g. Puščica zadene jabolko v vodoravni smeri s hitrostjo 100 m/s.

   a) Kako daleč za sinom Valterjem pade jabolko s puščico na tla, če puščica zadene jabolko in ostane v njem?

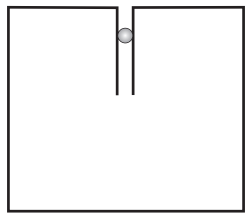
   b) Kako daleč za sinom Valterjem pa pade jabolko v primeru, če gre puščica skozi jabolko, a se pri tem zaradi trenja pretvori 100 J kinetične energije v toploto?

45. FIZIKALNO TEKMOVANJE SREDNJEŠOLCEV SLOVENIJE
Regijsko tekmovanje, 23. 3. 2007

Skupina II

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost 9,8 m/s^2.

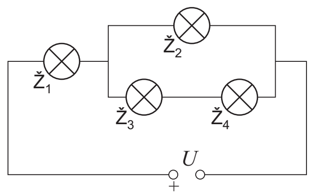
1. Prazen rezervoar s prostornino 100 dm^3 ima na vrhu odprtino, v katero vstavimo stekleno cev s tankimi stenami tako, da se tesno prilega odprtini, kot je prikazano na sliki. Tlak zraka v rezervoarju je enak zunanjemu zračnemu tlaku 1 bar. V stekleno cev spustimo žogico za namizni tenis, ki ima maso 3 g in premer 4 cm, tako da se počasi spušča po cevi. Žogica se tako prilega cevi, da zrak ne more uhajati skozi cev, kljub temu pa se žogica giblje brez trenja.



   a) Določi ravnovesno lego žogice v cevi.

   b) Temperatura okolice soda je 20°C. Za koliko moramo segreti zrak v rezervoarju, da bo začel uhajati iz soda?

2. V vezju na sliki so 4 enake žarnice. Na vsaki od žarnic piše 1,5 V – 0,15 W. Upor žarnic se spreminja z napetostjo na žarnici tako, da je upor največji, ko teče skozi žarnico največji dovoljeni tok. To je takrat, ko je žarnica priključena na nazivno napetost. Pri manjši napetosti na žarnici je tudi upor žarnice manjši.



   Napetost na žarnici $\check{Z}_1$ je 1,50 V, tok skozi žarnico $\check{Z}_2$ je 62,0 mA, napetost na žarnici $\check{Z}_3$ je 0,30 V.

   a) Katera žarnica sveti najmočneje? Odgovor kratko utemelji!

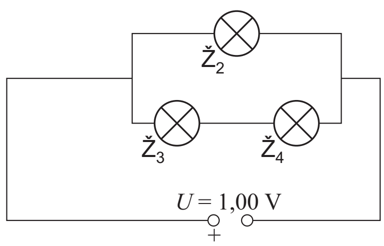
   b) Kolikšna je napetost vira?

   c) Kolikšen je upor žarnice $\check{Z}_2$?

   d) Kolikšen je upor žarnice $\check{Z}_4$?

   e) Oceni, lahko tudi grafično, kolikšen tok teče skozi žarnico, ko je sama priključena na napetost 1,00 V! Upoštevaj, da upor žarnice narašča linearno z napetostjo na žarnici. (Upor je linearna funkcija napetosti).

   f) Na podlagi rezultata pri *e*) oceni, s kolikšno močjo sveti vsaka od treh žarnic na spodnji shemi, če jih vežeš na vir napetosti 1,00 V.



3. Z manjšo nenabito kovinsko kroglo z radijem 1 cm na izolirani palčki se dotaknemo velike nabite kovinske krogle z radijem 10 cm. Z manjšo kroglo se nato dotaknemo tretje nenabite kovinske krogle z radijem 5 cm. Na tretji krogli potem izmerimo napetost 90 V in naboj 0,5 nAs. Kolikšna je bila prvotna napetost in kolikšen prvotni naboj na veliki krogli? Upoštevaj, da je kapaciteta krogelnega kondenzatorja premo sorazmerna s polmerom krogle.

45. FIZIKALNO TEKMOVANJE SREDNJEŠOLCEV SLOVENIJE
Regijsko tekmovanje, 23. 3. 2007

Skupina III

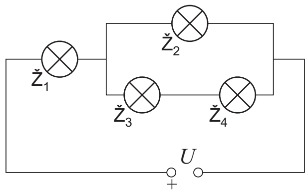
Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost 9,8 m/s^2.

1. Ura na nihalo deluje tako, da šteje število nihajev fizičnega (težnega) nihala.
   Z vlakom prevažamo na stranski steni vagona pritrjeno starinsko uro na nihalo iz Maribora v Ljubljano. (Nihalo torej niha v smeri vožnje). Vlak se na poti ustavi še na 9-ih vmesnih postajah. Med postajami potuje s konstantno hitrostjo 90 km/h, pri pospeševanju in zaviranju pa se giblje enakomerno pospešeno s pospeškom (pojemkom) 2 m/s^2.

   a) Za koliko % se spremeni nihajni čas med pospeševanjem?

   b) Za koliko sekund se bosta razlikovala izmerjena časa potovanja med uro, ki je na vlaku, in enako uro, ki v času potovanja teče v stanovanju v Ljubljani?

2. V vezju na sliki so 4 enake žarnice. Na vsaki od žarnic piše 1,5 V – 0,15 W. Upor žarnic se spreminja z napetostjo na žarnici tako, da je upor največji, ko teče skozi žarnico največji dovoljeni tok. To je takrat, ko je žarnica priključena na nazivno napetost. Pri manjši napetosti na žarnici je tudi upor žarnice manjši.

   Napetost na žarnici $Ž_1$ je 1,50 V, tok skozi žarnico $Ž_2$ je 62,0 mA, napetost na žarnici $Ž_3$ je 0,30 V.

   a) Katera žarnica sveti najmočneje? Odgovor kratko utemelji!

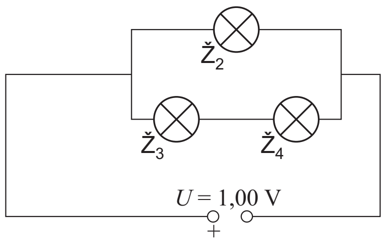
   b) Kolikšna je napetost vira?

   c) Kolikšen je upor žarnice $Ž_2$?

   d) Kolikšen je upor žarnice $Ž_4$?

   e) Oceni, lahko tudi grafično, kolikšen tok teče skozi žarnico, ko je sama priključena na napetost 1,00 V! Upoštevaj, da upor žarnice narašča linearno z napetostjo na žarnici. (Upor je linearna funkcija napetosti).

   f) Na podlagi rezultata pri *e*) oceni, s kolikšno močjo sveti vsaka od treh žarnic na spodnji shemi, če jih vežeš na vir napetosti 1,00 V.

3. Vesoljska ladja v obliki votle krogle ima zunanji polmer 15 m in debelino stene 50 cm. Od Sonca je oddaljena za 330 Sončevih polmerov. V notranjosti ladje je posadka vključila grelec z močjo 750 kW.

   a) Oceni temperaturno razliko med notranjostjo vesoljske ladje in zunanjim površjem stene, ko se vzpostavi ravnovesje? Toplotna prevodnost sten je 45 W/mK. Upoštevaš lahko, da je debelina sten majhna v primerjavi s polmerom vesoljske ladje. Temperatura zunanjega površja stene je v vseh točkah površja enaka.

   b) Kolikšna je ravnovesna temperatura na zunanjem površju vesoljske ladje in kolikšna temperatura je v njeni notranjosti? Površje Sonca ima temperaturo 5800 K, vrednost Stefanove konstante je $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$. Vesoljsko ladjo obravnavaj kot idealno črno telo.

Regijsko tekmovanje srednješolcev iz fizike v letu 2007

23. marec 2007

Kazalo

Skupina I – rešitve

1. *Podatki:* $v_1 = 80$ km/h, $v_2 = 110$ km/h, $x = 30$ km, $d = 12$ km,

   a) $t_m = \frac{x}{v_1} = 0,375\,\mathrm{h} = 22{,}5\,\mathrm{min}$,
   $t_a = \frac{x}{v_2} + \frac{d}{v_1} = 0,423\,\mathrm{h} = 25{,}4\,\mathrm{min}$.
   Izbrati mora direktno pot po medkrajevni cesti. [5 *t.*]

   b) Čas potovanja po avtocesti mora biti krajši od časa potovanja po medkrajevni cesti:

   $$\frac{d}{v_1} + \frac{x}{v_2} < \frac{x}{v_1} \qquad \text{od koder sledi} \qquad x > \frac{dv_2}{(v_2 - v_1)} = 44\ \mathrm{km}\,.$$

   Po avtocesti bo prišel hitreje, ča bosta kraja po medkrajevni cesti vsaj 44 km narazen. [5 *t.*]

2. *Podatki:* $\Delta V = 1{,}0$ l, $S = 300$ cm^2, $S_p = 30$ cm^2, $\rho_s = 30$ kg/m^3, $\rho_v = 1000$ kg/m^3, $h = 10$ cm.

   a) Če se količina vode poveča za ΔV, se gladina v kotličku dvigne za

   $$h_1 = \frac{\Delta V}{S - S_p} = 3{,}7\ \mathrm{cm}\,. \qquad [3\ t.]$$

   Da bo plovec ostal v prvotni legi, se mora za toliko potopiti. Teža uteži mora torej biti ravno enaka masi vode, ki jo plovec dodatno izpodrine, ko se potopi za h_1:

   $$m_u g = \rho_v S_p h_1\, g\,, \quad \text{torej} \quad m_u = \rho_v S_p h_1 = \frac{\rho_v S_p \Delta V}{S - S_p} = 110\ \mathrm{g}\,. \qquad [3\ t.]$$

   b) V tem primeru bi bil plovec ves potopljen v vodi. Plovec brez uteži je potopljen za h_0; tedaj je teža plovca enaka teži izpodrinjene vode,

   $$\rho_s h S_p g = \rho_v h_0 S_p g\,, \quad \text{torej} \quad h_0 = \frac{\rho_s}{\rho_v} h = 3\ \mathrm{mm}\,. \qquad [2\ t.]$$

   Plovec se lahko dodatno potopi za $h - h_0$, temu pa ustreza

   $$\Delta V' = (h - h_0)(S - S_p) = 2{,}6\ \mathrm{l}\,. \qquad [2\ t.]$$

3. *Podatki:* $h = 1{,}5$ m, $m = 100$ g, $M = 200$ g, $v_0 = 100$ m/s, $Q = 100$ J.

a) Hitrost jabolka in puščice v izračunamo iz ohranitve gibalne količine puščice in jabolka, $mv_0 = (m + M)v$:

$$v = \frac{mv_0}{m + M} = 33 \text{ m/s}. \qquad [2\ t.]$$

V času, ko jabolko s puščico v navpični smeri pade z višine h: $t = \sqrt{2h/g}$, opravi v vodoravni smeri pot

$$s = vt = \frac{mv_0}{m + M}\sqrt{\frac{2h}{g}} = 18 \text{ m}. \qquad [2\ t.]$$

b) V tem primeru poleg ohranitve gibalne količine puščice in jabolka

$$mv_0 = mv_p + Mv_j \qquad [1\ t.]$$

velja tudi energijski zakon:

$$\tfrac{1}{2}mv_0^2 = \tfrac{1}{2}mv_p^2 + \tfrac{1}{2}Mv_j^2 + Q. \qquad [2\ t.]$$

Iz prve enačbe izrazimo $v_p = v_0 - \frac{M}{m}v_j$, vstavimo v drugo in dobimo

$$\frac{1}{2}\left(\frac{M^2}{m} + M\right)v_j^2 - M\,v_0 v_j + Q = 0.$$

Enačbo delimo z m, pomnožimo z 2 in preuredimo

$$\left(\frac{M^2}{m^2} + \frac{M}{m}\right)v_j^2 - 2\,\frac{M}{m}v_0\,v_j + \frac{2Q}{mv_0^2}\,v_0^2 = 0$$

Upoštevamo še $M/m = 2$, vpeljemo $q = Q/mv_0^2 = \frac{1}{10}$ in dobimo kvadratno enačbo v obliki $6v_j^2 - 4v_0v_j + 2qv_0^2 = 0$ z rešitvama

$$v_j = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 3q}}{3}\,v_0 \quad \text{in} \quad v_p = v_0 - 2v_j = \frac{1 \mp 2\sqrt{1 - 3q}}{3}\,v_0\,,$$

Rešitev za v_p s predznakom $-$ pomeni negativno hitrost puščice po srečanju z jabolkom. V tem primeru bi se puščica od jabolka odbila, kar seveda ni smiselno. Smiselna je torej rešitev s predznakom $+$ za hitrost puščice in s predznakom $-$ za hitrost jabolka, torej

$$v_j = \frac{1 - \sqrt{1 - 3q}}{3}\,v_0 = 0{,}054\,v_0 = 5{,}4 \text{ m/s} \qquad [2\ t.]$$

Podobno kot pri a) dobimo za iskano razdaljo

$$s = v_j t = v_j\sqrt{\frac{2h}{g}} = 3{,}0 \text{ m}. \qquad [1\ t.]$$

Skupina II – rešitve

1. *Podatki:* $V_0 = 100\ \mathrm{dm}^3$, $p_0 = 1$ bar, $m = 3$ g, $2r = 4$ cm, $T_0 = 20°\mathrm{C}$.

   a) Če počakamo dovolj dolgo, se temperatura zraka izenači s temperaturo okolice, zato je sprememba izotermna in velja

   $$p_0 V_0 = (p_0 + \Delta p)(V_0 - \Delta V)\,. \qquad [2\ t.]$$

   Spremenita se tlak in prostornina

   $$\Delta p = \frac{mg}{\pi r^2}\,, \qquad \Delta V = \pi r^2 h\,, \qquad [2\ t.]$$

   pri čemer je h razdalja, za koliko se žogica spusti v cev. Dobimo

   $$h = \frac{\Delta p V_0}{\pi r^2 (p_0 + \Delta p)} \approx \frac{mgV_0}{(\pi r^2)^2 p_0} = 19\ \mathrm{mm}\,. \qquad [2\ t.]$$

   b) V tem primeru poteka sprememba pri konstantnem tlaku in sicer se poveča prostornina od $V_0 - \Delta V$ do V_0 in temperatura od T_0 do $T_0 + \Delta T$:

   $$\frac{T_0 + \Delta T}{T_0} = \frac{V_0}{V_0 - \Delta V} \qquad [2\ t.]$$

   Dobimo

   $$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\Delta V}{V_0 - \Delta V} \approx \frac{\Delta V}{V_0}\,, \qquad \Delta T = \frac{\pi r^2 h T_0}{V_0} = \frac{mg}{\pi r^2 p_0} T_0 = 0{,}07\ \mathrm{K}\,. \qquad [2\ t.]$$

2. a) Žarnica Ž$_1$, ker skoznjo teče največji tok. [1 *t.*]

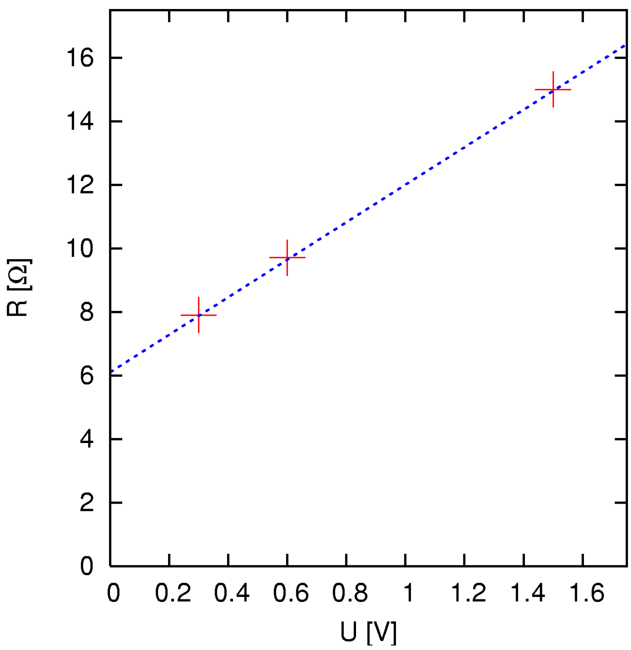
   b) Napetosti na Ž$_3$ in Ž$_4$ sta enaki, ker skozi obe žarnici teče enak tok. Napetost vira je potem 1,5 V + 2 · 0,3 V = 2,1 V. [2 *t.*]

   c) Napetost je enaka skupni napetosti na Ž$_3$ in Ž$_4$: 2 · 0,3 V, tok 62 mA, torej $R_2 = 9,7\ \Omega$. [1 *t.*]

   d) Napetost je 0,3 V, tok 38 mA, torej $R_3 = R_4 = 7,9\ \Omega$. [1 *t.*]

   e) Iz podatkov in izračunanih vrednosti pri c) in d) dobimo pare vrednosti (napetost[V];upor[Ω]): (0,30;7,9), (0,60;9,7) in (1,50;15,0), ki jih lahko predstavimo kot točke v ravnini (U, R). Iz vsake kombinacije dveh točk dobimo v zvezi $R = k \cdot U + R_0$, dve vrednosti koeficientov k in R_0. Če jih povprečimo, dobimo $k = 5{,}9\,\Omega/\mathrm{V}$ in $R_0 = 6{,}1\,\Omega$. Upor je 12,0 Ω, tok pa 83 mA.

   Nalogo lahko rešimo tudi grafično, tako da skozi tri točke potegnemo premico.



   Iz naklona razberemo k, iz presečišča z ordinato pa R_0.

   Iskano vrednost upora lahko razberemo tudi naravnost iz grafa, brez računanja koeficientov v enačbi premice. [3 *t.*]

   f) Na žarnici Ž$_2$ je napetost $U = 1$ V; pri e) smo za ta primer izračunali tok 83 mA. Na žarnicah Ž$_3$ in Ž$_4$ sta napetosti po 0,5 V. Iz dobljene formule pri e) ali kar direktno iz grafa za ta primer dobimo za upor vsake od žarnic Ž$_3$ in Ž$_4$ 9,05 Ω. Iz napetosti dobimo še tok $I_3 = 55$ mA. Za moči na posameznih žarnicah končno dobimo: $P_2 = UI_2 = 83$ mW, $P_3 = P_4 = \frac{1}{2}UI_3 = 28$ mW. [2 *t.*]

3. *Podatki:* $r_1 = 10$ cm, $r_2 = 1$ cm, $r_3 = 5$ cm, $U_3 = 90$ V, $e_3 = 0{,}5$ nAs.

Ko se z malo kroglo dotaknemo tretje krogle, steče z male krogle na tretjo naboj e_3, na mali pa ostane naboj e_2'. Napetosti na kroglah se izenačita in naboja sta porazdeljena v razmerju kapacitet krogel:

$$\frac{e_2'}{e_3} = \frac{C_2}{C_3} = \frac{r_2}{r_3}\,. \qquad [2\ t.]$$

Prvotni naboj na mali krogli je bil potemtakem enak vsoti obeh nabojev:

$$e_2 = e_2' + e_3 = e_3\left(\frac{r_2}{r_3} + 1\right) = \frac{6e_3}{5} = 0{,}6\ \text{nAs}\,. \qquad [2\ t.]$$

Na koncu sta napetosti na obeh kroglah enaki in enaki izmerjeni napetosti, $U_2' = U_3$. Prvotna napetost na mali krogli je bila večja za razmerje prvotnega in končnega naboja,

$$U_2 = \frac{e_2}{e_2'}\,U_2' = \frac{e_3\left(\frac{r_2}{r_3} + 1\right)}{e_3\left(\frac{r_2}{r_3}\right)}\,U_2' = \frac{r_2 + r_3}{r_2}\,U_3 = 6U_3 = 540\ \text{V}\,. \qquad [3\ t.]$$

Z enakim razmislekom kot prej ugotovimo, da za naboj in napetost na veliki krogli po dotiku z malo kroglo velja:

$$\frac{e_1'}{e_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

in $U_1' = U_2$. Začetni naboj na veliki krogli je bil potem enak

$$e_1 = e_1' + e_2 = e_2\left(\frac{r_1}{r_2} + 1\right) = 11e_2 = e_3\left(\frac{r_1}{r_2} + 1\right)\left(\frac{r_2}{r_3} + 1\right) = \frac{66e_3}{5} = 6{,}6\ \text{nAs}\,,$$

[2 *t.*]

napetost pa

$$U_1 = \frac{e_1}{e_1'}\,U_2 = \frac{r_1 + r_2}{r_1}\,U_2 = \frac{(r_1 + r_2)(r_2 + r_3)}{r_1 r_2}\,U_3 = \frac{66}{10}\,U_3 = 594\ \text{V}\,. \qquad [1\ t.]$$

Skupina III – rešitve

1. *Podatki:* $a = 2\mathrm{m/s^2}$, $v = 90$ km/h, $N = 9$.

   a) Ker se nihalo giblje pospešeno, je v ravnovesni legi nagnjeno v smeri rezultante pospeškov $\vec{g}$ in $-\vec{a}$. Nihalo niha okoli nove ravnovesne lege tako, kot če bi nanj deloval težni pospešek $g' = \sqrt{g^2 + a^2}$ v smeri rezultante obeh sil. Iz formule za nihajni čas najpreprostejšega težnega nihala – matematičnega nihala, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, dobimo

   $$\frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{g}{g'}} = \sqrt{\frac{g}{\sqrt{g^2 + a^2}}} = 0{,}990$$

   Nihajni čas se zmanjša za 1,0 %. [4 *t.*]

   b) Ker je nihajni čas krajši, naredi ura med pospeševanjem v enakem času več nihajev kot nepospešena ura. Torej ura v vlaku prehiteva za faktor

   $$k = \frac{T_0}{T} = 1{,}010\,,$$

   oziroma za $k - 1 = 1{,}0$ %. [2 *t.*]

   Ura se enako obnaša tudi pri zaviranju. [1 *t.*]

   Čas, ki ga vlak porabi za pospeševanja in zaviranja je enak

   $$t_p = (2N + 2)\,\frac{v}{a} = 250\ \mathrm{s}\,, \qquad [1\ t.]$$

   pri čemer smo poleg N postankov upoštevali še pospeševanje v Mariboru in zaviranje v Ljubljani.

   V tem času prehiti za

   $$\Delta t = (k - 1)t_p = 2{,}5\ \mathrm{s}\,. \qquad [2\ t.]$$

2. Glej rešitev naloge 3 v skupini II.

3. *Podatki:* $r = 15$ m, $d = 50$ cm, $R/R_S = 330$, $P = 750$ kW, $\lambda = 45$ W/mK, $T_S = 5800$ K.

a) Za prevajanje skozi steno postaje velja

$$P = \frac{4\pi r^2 \lambda \Delta T}{d} \,,$$

pri čemer smo za r vzeli kar zunanji radij postaje; prav tako bi lahko vzeli tudi ta radij zmanjšan za polovico debeline. Dobimo

$$\Delta T = \frac{Pd}{4\pi r^2\,\lambda} = 3\ \mathrm{K}\,. \qquad [4\ t.]$$

b) Energijski tok, ki ga postaja izseva na celotni površini zunanjega plašča, je v ravnovesju enak toku, ki ga prejme s Sonca (prečni presek snopa svetlobe, ki vpade na postajo, je πr^2) in toplotni moči grelca:

$$4\pi r^2 \sigma T^4 = \pi r^2 j + P\,, \qquad [2\ t.]$$

Gostota energijskega toka s Sonca pada s kvadratom razdalje in velja

$$j = \left(\frac{R_S}{R}\right)^2 j_S\,, \qquad j_S = \sigma T_S^4\,, \qquad [2\ t.]$$

kjer je j_S gostota toka na Sončevem površju. Iz energijske bilance izrazimo:

$$T^4 = T_S^4\,\frac{1}{4}\left(\frac{R_S}{R}\right)^2 + \frac{P}{4\pi r^2 \sigma}\,, \qquad T = 292\ \mathrm{K} = 19\ {}^\circ\mathrm{C}\,. \qquad [2\ t.]$$

Notranja temperatura je potem $T + \Delta T = 22^\circ$C.