Tekmovanja

Tekmovanje srednješolcev v znanju fizike – šolsko tekmovanje

Naloge

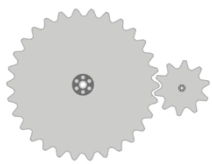
1. Sonda, ki potuje s tremi četrtinami svetlobne hitrosti, doseže 24 svetlobnih let oddaljeno zvezdo v

(**A**) 18 letih. (**B**) 20 letih. (**C**) 24 letih. (**D**) 32 letih. (**E**) 36 letih.

2. Tina, Manca in Doroteja so merile čas med dvema udarcema ure v zvoniku. Tina je izmerila čas 3,6 s, Manca pa je izmerila 0,3 s daljši čas kot Tina. Kolikšen čas je izmerila Doroteja, če je povprečje njihovih meritev 3,8 s?

(**A**) 3,9 s. (**B**) 3,8 s. (**C**) 3,7 s. (**D**) 3,6 s. (**E**) 0,3 s.

3. V urnem mehanizmu sta dva vrtljiva zobnika, staknjena kot kaže slika na desni. Večji zobnik ima 30 zob in naredi 60 obratov v eni uri. Koliko obratov naredi v eni uri mali zobnik, ki ima 10 zob?

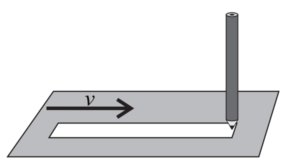


(**A**) 10 (**B**) 20 (**C**) 60 (**D**) 180 (**E**) 300

4. Upor dolgega vodnika se izračuna z enačbo $R = \zeta l/S$, pri čemer je ζ specifični upor snovi, l dolžina vodnika in S ploščina preseka vodnika. Katera od naštetih enot je pravilna enota za specifični upor snovi?

(**A**) $\Omega\,\mathrm{m}$ (**B**) Ω (**C**) $\dfrac{\Omega\,\mathrm{m}}{\mathrm{mm}^2}$ (**D**) $\dfrac{\Omega}{\mathrm{m}}$ (**E**) $\dfrac{\Omega}{\mathrm{m}\cdot\mathrm{mm}^2}$

5. Svinčnik z dolžino 20 cm držimo tik nad tanko ploščo s podolgovato luknjo, ki je širša od svinčnika. Plošča se giblje s konstantno hitrostjo 53 cm/s kot kaže slika. V trenutku, ko je rob luknje točno pod navpičnim svinčnikom, svinčnik spustimo, da prosto pada in se ne vrti. Najmanj kako dolga mora biti luknja, da bo svinčnik nemoteno padel skoznjo?



(**A**) 2,2 cm. (**B**) 11 cm. (**C**) 20 cm. (**D**) 70 cm. (**E**) 107 cm.

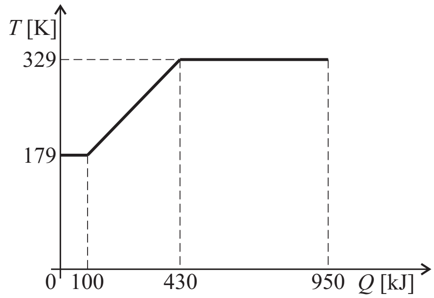
6. Opazujemo radioaktivno snov v obliki kocke s stranico 1,0 cm. V taki kocki se vsako minuto zgodi 100 radioaktivnih razpadov. Koliko radioaktivnih razpadov se zgodi v kocki iz iste snovi s stranico 2,0 cm v 2 minutah opazovanja?

(**A**) 200 (**B**) 400 (**C**) 800 (**D**) 1600 (**E**) 3200

7. Metka z maso 57 kg se z dvigalom vozi iz pritličja v 8. nadstropje. V nekem trenutku deluje Metka na tla s silo 500 N. Tla delujejo na Metko z nasprotno enako silo. Kako se giblje Metka v tem trenutku glede na stavbo?

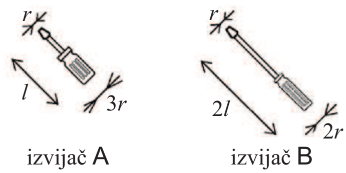
(**A**) Miruje.
(**B**) Giblje se pospešeno, hitrost se ji povečuje.
(**C**) Giblje se premo enakomerno.
(**D**) Giblje se pospešeno, hitrost se ji zmanjšuje.
(**E**) Ali miruje ali se giblje premo enakomerno.

8. Graf kaže dogajanje med segrevanjem 1,0 kg čistega acetona od trdnega do plinastega stanja. Kolikšne so temperatura tališča T_t, temperatura vrelišča T_v in specifična toplota c acetona v tekočem agregatnem stanju?



(**A**) $T_t = -173\,°C$, $T_v = 677\,°C$, $c = 5{,}7$ kJ/(kg K).
(**B**) $T_t = -94\,°C$, $T_v = 56\,°C$, $c = 2{,}2$ kJ/(kg K).
(**C**) $T_t = 100\,°C$, $T_v = 430\,°C$, $c = 0{,}45$ kJ/(kg K).
(**D**) $T_t = 157\,°C$, $T_v = 677\,°C$, $c = 3{,}5$ kJ/(kg K).
(**E**) $T_t = 179\,°C$, $T_v = 329\,°C$, $c = 2{,}2$ kJ/(kg K).

9. Odviti želimo trdno privite vijake. Z izvijačem A vijak odvijemo, če izvijač obračamo tako, da na obod držala delujemo tangencialno s silo najmanj 40 N. Najmanj s kolikšno tangencialno silo moramo delovati na obod držala izvijača B, da lahko odvijemo enako privite vijake?



(**A**) 80 N. (**B**) 60 N. (**C**) 53 N. (**D**) 40 N. (**E**) 27 N.

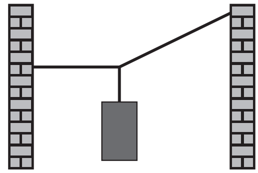
10. Policija je na kraju prometne nesreče izmerila 32 m dolgo sled zaviranja enega od avtomobilov. Kolikšna je bila hitrost tega avtomobila pred zaviranjem, če predpostavimo, da je avtomobil na ravni cesti enakomerno zaviral do mirovanja in je koeficient trenja med pnevmatikami in cestiščem 0,85?

(**A**) 23 km/h. (**B**) 59 km/h. (**C**) 84 km/h. (**D**) 91 km/h.
(**E**) Za izračun hitrosti je na voljo premalo podatkov.

11. Na lečo A z goriščno razdaljo 50 cm posvetimo z vzporednim curkom svetlobe vzporedno z optično osjo leče. Na optično os postavimo še lečo B z goriščno razdaljo 30 cm. Kam jo moramo postaviti, da bo se bo svetloba po prehodu skozi obe leči širila v vzporednem curku?

(**A**) 20 cm pred lečo A. (**B**) 20 cm za lečo A. (**C**) 30 cm za lečo A.
(**D**) 50 cm pred lečo A. (**E**) 80 cm za lečo A.

12. Na skici desno je utež obešena na vrv. Katera od spodnjih trditev **ni** pravilna?



(**A**) Sili v levi in desni vrvi sta enaki.
(**B**) Sila v levi vrvi je večja kot teža uteži.
(**C**) Sila v desni vrvi je večja kot teža uteži.
(**D**) Sila v desni vrvi je večja kot sila v levi.
(**E**) Vektorska vsota sil v obeh vrveh je nasprotno enaka teži uteži.

13. Imamo tri kovinske kroglice: A s polmerom 1 cm ter B in C, vsaka s polmerom 2 cm. Če se s kroglico A, na kateri je naboj +60 nAs, dotaknemo kroglice B, na kateri je pred tem naboj −30 nAs, je na kroglicah, ko ju razmaknemo, naboj: +10 nAs na kroglici A in +20 nAs na B. S kroglicami naredimo naslednji poskus. Začetni naboji na kroglicah so +10 nAs na A, +2 nAs na B in −7 nAs na C. Vse tri kroglice staknemo skupaj in jih nato razmaknemo. Kolikšen je končni naboj na kroglici A?

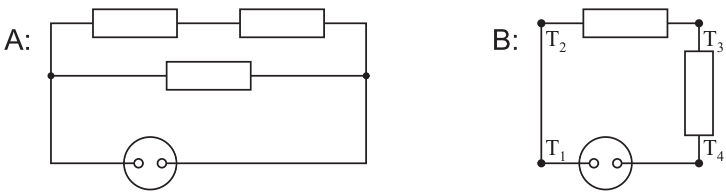
(**A**) +10 nAs. (**B**) +8 nAs. (**C**) +5 nAs. (**D**) +2 nAs. (**E**) +1 nAs.

14. Avtomobil z maso 900 kg pelje po ravni cesti. Najprej pelje enakomerno, nato prične pospeševati. Med pospeševanjem poveča hitrost za 20 km/h. Kolikšna je sprememba kinetične energije avtomobila?

(**A**) 180 kJ. (**B**) 14 kJ. (**C**) 9 kJ. (**D**) 2,5 kJ.

(**E**) Za izračun spremembe kinetične energije nimamo dovolj podatkov.

15. Na spodnji sliki sta shemi dveh vezij iz samih enakih upornikov. Med kateri dve točki na shemi B moramo vezati še en enak upornik, da bo skozi vir v vezju B tekel enak tok kot skozi vir v vezju A?



(**A**) Med T_1 in T_2 namesto obstoječe žice. (**B**) Med T_1 in T_3.

(**C**) Med T_1 in T_2 poleg obstoječe žice. (**D**) Med T_2 in T_4.

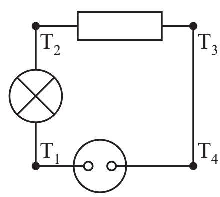
(**E**) Med T_3 in T_4 poleg obstoječega upornika.

16. Miha ima na lahki vrvici privezan balon. Balon je napihnjen na prostornino 10 l, masa opne balona je 6 g. Gostota zraka v balonu je 1,4 kg/m^3, izven balona pa 1,2 kg/m^3. S kolikšnim pospeškom se začne gibati balon v trenutku, ko Miha spusti vrvico?

(**A**) 10 m/s^2. (**B**) 4,0 m/s^2. (**C**) 3,0 m/s^2. (**D**) 1,4 m/s^2.

(**E**) 0 m/s^2, ker je zaradi zračnega upora gibanje enakomerno od začetka gibanja.

17. Na sliki je shema vezja. V vezju želimo povečati električno moč, ki jo prejema žarnica. Med kateri dve točki moramo vezati še en upornik, ki ima dvakrat večji upor od tistega v vezju?



(**A**) Med T_1 in T_3.

(**B**) Med T_1 in T_4 poleg vseh obstoječih elementov.

(**C**) Med T_2 in T_4.

(**D**) Med T_3 in T_4 namesto obstoječe žice.

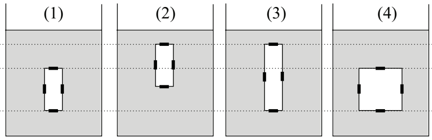
(**E**) Med T_3 in T_4 poleg obstoječe žice.

18. Na sredini mize je privit vijak, na katerega je privezano krajišče elastike. Dolžina neraztegnjene elastike je 10 cm. Drugo krajišče elastike je privezano na avtomobilček. Avtomobilček malo dvignemo, da se ne dotika mize, ga potegnemo 20 cm od vijaka in pri tem opravimo 2,0 J dela. Avtomobilček postavimo na mizo in spustimo. Koliko kinetične energije ima avtomobilček, ko pride do vijaka, če je sila trenja med vozičkom in mizo 1,0 N?

(**A**) 0,2 J. (**B**) 1,0 J. (**C**) 1,8 J. (**D**) 2,0 J.

(**E**) Nimamo dovolj podatkov, da bi izračunali kinetično energijo avtomobilčka.

19. V posodo z vodo potopimo kvadre različnih dimenzij. Na vsak kvader so nameščeni štirje merilniki velikosti sile, kot je narisano na slikah (črne ploskvice na slikah). Z računalnikom izvajamo meritve tako, da dobimo kot rezultat vsoto izmerkov vseh štirih merilnikov na enem kvadru. Za i-ti kvader označimo vsoto štirih izmerkov F_i. Kateri vrstni red je pravilen?



(**A**) $F_1 = F_2 = F_4 < F_3$ (**B**) $F_1 = F_4 < F_2 < F_3$ (**C**) $F_1 = F_4 < F_3 < F_2$

(**D**) $F_2 < F_3 < F_1 = F_4$ (**E**) $F_3 < F_2 < F_1 < F_4$

20. Na svoji mizi najdete pozabljen list papirja, na katerem je zapisana enačba

$$y = \frac{\left(15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{2 \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}$$

Kakšno bi lahko bilo besedilo naloge?

(**A**) Kolikšno hitrost doseže kroglica, ki pade z višine h?

(**B**) Kolikšno pot opravi avtomobil, ki se giblje s pospeškom 10 m/s^2?

(**C**) Kolikšno višino doseže kamen, ki ga vržemo navpično navzgor z začetno hitrostjo 15 m/s?

(**D**) Kolikšno pot po klancu navzdol opravi kroglica, ki jo potisnemo z začetno hitrostjo 15 m/s?

(**E**) Kolikšno razdaljo prepotuje kamen, ki ga vržemo navpično navzdol z začetno hitrostjo 15 m/s?

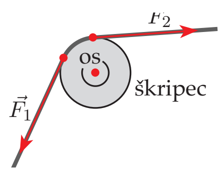
Tekmovanje iz fizike za zlato Stefanovo priznanje – državno tekmovanje

Naloge za 8. razred

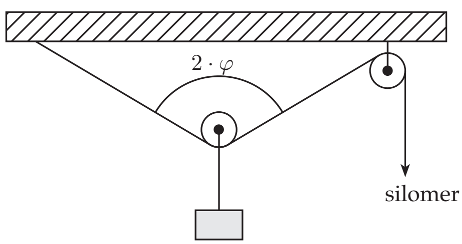
A1 Potapljač Bojan se lepega sončnega dne ob 13. uri dviga iz temnih globin proti gladini popolnoma mirnega morja. Nekaj metrov pod gladino se ustavi. Na stalni globini plava hrbtno in gleda navzgor proti gladini. Na gladini vidi svetel krog s polmerom 5,0 m. Mejni kot za popolni odboj svetlobe na meji voda – zrak je 49°. Kako globoko pod gladino je Bojan? Približno

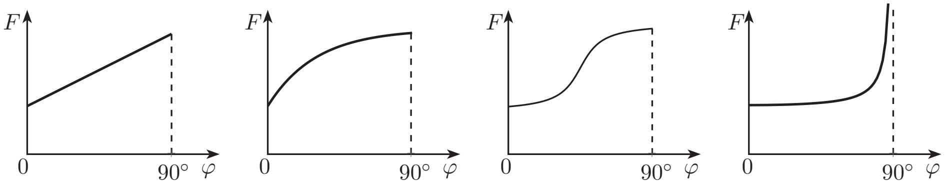
(**A**) 4,3 m (**B**) 5,0 m (**C**) 5,8 m (**D**) 10,1 m

A2 *Pritrjeni škripec, preko katerega je speljana vrv, miruje (se ne vrti okoli svoje osi), če sta sili, s katerima je na obeh straneh škripca napeta vrv, po velikosti enaki, $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$, glej sliko.*



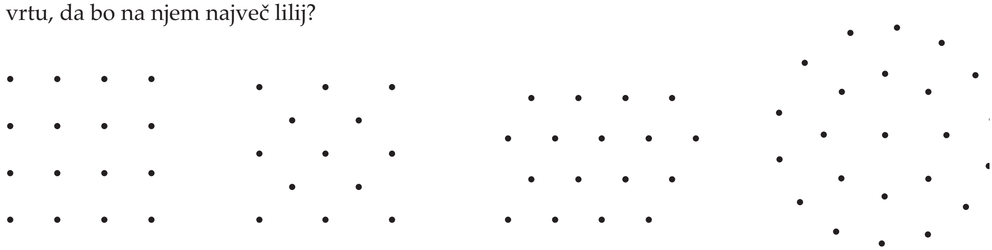
Na vrvico obesimo utež preko gibljivega škripca, kot kaže slika. Kateri graf pravilno kaže, kako je sila, ki v ravnovesju napenja vrvico, odvisna od kota φ?





(A) (B) (C) (D)

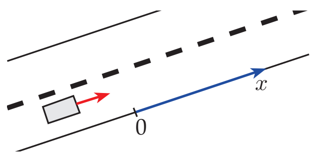
A3 Meta bo na svoj velik vrt posadila same lilije. Jamice za gomolje mora v vrtu izkopati tako, da so vsaj 15 cm narazen. V katerem vzorcu, ki ga ponavlja v vseh smereh, naj izkoplje jamice po celem vrtu, da bo na njem največ lilij?



(A) (B) (C) (D)

A4 Slika kaže lego avta ob $t = 0$, s puščico je označena smer njegovega gibanja. Označena je tudi os x, vzdolž katere merimo lego avta. Avto se giblje enakomerno. Njegova lega se s časom spreminja, kot podaja enačba

$$x = v \cdot t + x_0.$$



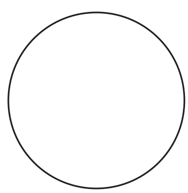
B1 Janez je kupil žogo, na kateri lahko sedi. Ko žogo napihne, je v njej stlačen zrak pri tlaku p. Upoštevaj, da je povsod v žogi tlak zraka p enak in da zrak pritiska enako v vse smeri. Maso gumijastega plašča žoge zanemari.

(a) Napihnjena žoga ima polmer 30 cm. Ko Janez sede nanjo, se tlak v žogi poveča, žoga se malo splošči, prostornina žoge pa se zmanjša za $5\ \%$. Kolikšna je prostornina žoge, ko na njej sedi Janez?

(b) Če za spremenljivki x in y velja zveza $x \cdot y = k$, kjer je k konstanta, rečemo, da sta x in y *obratnosorazmerna*. Za zrak, ujet v žogi, velja, da sta tlak p in njegova prostornina V obratnosorazmerna. Zapiši to povezavo med tlakom in prostornino zraka z matematičnim izrazom. Preden Janez sede na napihnjeno žogo, je v njej tlak $1{,}06$ bar. Kolikšen je k?

(c) Kolikšen je tlak v žogi, medtem ko Janez sedi na njej?

(d) Janez sedi na žogi in se pri tem z nogami ne dotika tal. Žoga naredi medtem na vodoravnih tleh odtis. Odtis žoge na tleh v merilu $1 : 10$ kaže slika. Kolikšna je ploščina odtisa pod žogo?



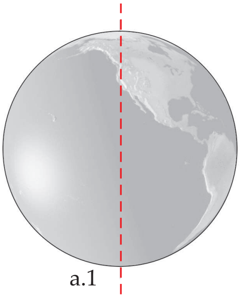
(e) **Upoštevaj**, da Janez in žoga nista v brezračnem prostoru in da je **povsod** okoli žoge (tudi med tlemi in žogo) zrak pri normalnem zračnem tlaku 1 bar. Zrak, ki je med žogo in tlemi, pritiska na del plašča žoge, ki je v stiku s tlemi. Predpostavi, da Janez na žogi lovi ravnotežje in se pri tem z nogami ne dotika podlage. Kolikšna je njegova masa?

(f) Janezu se zdi, da je žoga premalo napihnjena. Vanjo s tlačilko spravi še toliko zraka, da se polmer okroglega odtisa, ki ga žoga naredi na vodoravnih tleh, ko Janez znova sede nanjo, zmanjša na $\frac{2}{3}$ prejšnjega polmera. Kolikšen je tlak v žogi?

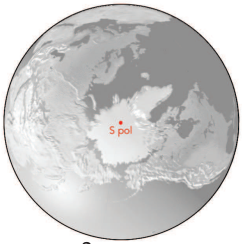
B2 Čezoceanski ladji Pohorje in Maribor plujeta iz Južne Amerike čez mirni Tihi ocean. Pohorje pluje po ekvatorju, Maribor po vzporedniku z zemljepisno širino 30° severno (po 30. vzporedniku).

(a) Na sliko a.1, ki kaže Zemljo od strani, vriši ekvator in 30. vzporednik. Na sliko a.2, ki kaže Zemljo iznad S pola, vriši 30. vzporednik.

(b) V katerem merilu je prikazana zemeljska obla na obeh slikah?



a.1



a.2

(c) Izračunaj obseg Zemlje po ekvatorju o_E, obseg Zemlje po 30. vzporedniku o_{30} in obseg Zemlje po obeh nasprotnih poldnevnikih o_p.

(d) Ladji v nekem trenutku sočasno prečkata isti poldnevnik. V kateri zemljepisni smeri glede na ladjo Pohorje je v tem trenutku ladja Maribor?

(e) Hitrosti plovil merimo v *vozlih*, kjer je 1 vozel $= 1\ \frac{\mathrm{NM}}{\mathrm{h}}$. Pohorje pluje s hitrostjo 20 vozlov in opravi v 45 urah pot, ki ustreza širini enega časovnega pasu na ekvatorju. Izračunaj, koliko metrov meri 1 NM (navtična, morska milja).

(f) Zemljepisna dolžina lege ladje Maribor se s časom spreminja enako kot zemljepisna dolžina lege ladje Pohorje. S kolikšno hitrostjo v vozlih pluje vzdolž 30. vzporednika ladja Maribor?

(g) Ladji Maribor se sredi oceana pokvarijo motorji. Pohorje sprejme klic na pomoč in takoj spremeni smer plovbe tako, da se usmeri naravnost proti ladji Maribor in pluje proti njej z nespremenjeno hitrostjo. Koliko ur pluje Pohorje do Maribora?

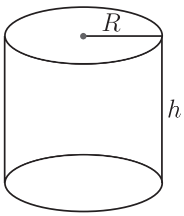
Eksperimentalna naloga: sestava kovanca in zlitine

(a) Izmeri maso kovanca m v gramih na **desetinko grama** natančno.

Izmeri premer in debelino kovanca v milimetrih na **desetinko milimetra** natančno.

(b) Prostornina valja je produkt med ploščino osnovne ploskve (kroga) S in višino h,

$$V_v = S \cdot h\,.$$



Ploščino kroga s polmerom R podaja obrazec

$$S = 3{,}14 \cdot R^2\,.$$

Predpostavi, da je kovanec valj, in izračunaj njegovo prostornino V_1 v cm^3 na stotinko cm^3 natančno.

Izračunaj povprečno gostoto kovancev ρ_1 v $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ na eno decimalno mesto natančno.

(c) Prostornino kovancev lahko tudi neposredno izmeriš. V merilni valj odmeri 10 ml vode in vanj previdno, da voda ne pljuska iz merilnega valja, spusti vse (suhe!) kovance, ki jih imaš. Izmeri prostornino 20 kovancev na $0{,}5$ cm^3 natančno.

Kolikšna je izmerjena prostornina enega kovanca V_2 v cm^3?

Izračunaj povprečno gostoto kovancev ρ_2 v $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$ na eno decimalno mesto natančno.

(d) Primerjaj izmerjeni povprečni gostoti ρ_1 in ρ_2: katera je natančnejša? Na kratko utemelji.

(e) Kovanec je iz dveh zlitin. V sredini je manjši valj iz medenine, zunanji kolobar pa je iz zlitine CuNi. Ugotovi, kolikšno je razmerje med prostorninama V_m in V_{CuNi} medenine in zlitine CuNi v kovancu za 2 evra. Kolikšni sta prostornini V_m in V_{CuNi}?

(f) Upoštevaj, da lahko gostoto ρ_{AB} zlitine kovin A in B določiš z izrazom

$$\rho_{\mathrm{AB}} = \eta_{\mathrm{A}} \cdot \rho_{\mathrm{A}} + \eta_{\mathrm{B}} \cdot \rho_{\mathrm{B}} \,,$$

kjer sta ρ_{A} in ρ_{B} gostoti kovin A in B, η_{A} in η_{B} pa sta *masna deleža* teh dveh kovin v zlitini. *Masni delež* η pove, kolikšen del skupne mase zlitine m predstavlja masa posamezne kovine, na primer,

$$\eta_{\mathrm{A}} = \frac{m_{\mathrm{A}}}{m} \,.$$

Gostoto bakra poišči na listu s formulami. Gostota niklja je $8908\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. V zlitini CuNi sta masna deleža bakra in niklja 75% (baker) in 25% (nikelj). Kolikšna je gostota zlitine CuNi ρ_{CuNi} v kovancu v enotah $\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$?

Kolikšni sta masi m_m in m_{CuNi} medenine in zlitine CuNi v kovancu?

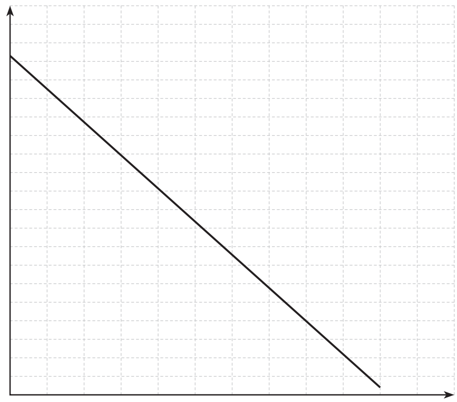
Kolikšna je gostota medenine ρ_m v kovancu za 2 evra?

(g) V nadaljevanju se dogovorimo, da imenujemo *medenina* vsako zlitino bakra in cinka, ne glede na to, katere kovine je v zlitini več, in ne glede na to, ali ima še primesi drugih kovin (v našem primeru niklja). Medenine se med seboj razlikujejo po tem, koliko je v njih cinka. *Masni delež* η_{Zn} pove, kolikšen del skupne mase zlitine m_m (medenine) predstavlja masa cinka m_{Zn},

$$\eta_{\mathrm{Zn}} = \frac{m_{\mathrm{Zn}}}{m_m}$$

Kolikšen je največji in kolikšen je najmanjši možni *masni delež* η_{Zn}?

Narišemo lahko graf, ki kaže, kako se gostota medenine ρ_m spreminja z η_{Zn}. Gostota cinka je $7140\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Upoštevaj, da so gostote zlitine CuNi, bakra in niklja skoraj enake.



Opremi graf na sliki s količinama, z enotama in s skalama.

Iz grafa in rezultatov pri prejšnjih vprašanjih ugotovi, kolikšen je masni delež cinka η_{Zn} v medenini, ki je v notranjem delu kovanca za 2 evra. Če iz svojih meritev ne moreš sklepati o η_{Zn}, to utemelji.

Naloge za 9. razred

A1 Po postanku na cestninski postaji dva avtomobila speljeta sočasno v isti smeri po sosednjih pasovih. Oba se gibljeta enakomerno pospešeno. Pospešek prvega avta je 4-krat tolikšen kot pospešek drugega avta. Kaj velja za hitrosti obeh avtomobilov v trenutkih, ko sta (najprej prvi, potem pa še drugi) 100 m naprej od cestninske postaje?

(**A**) Hitrosti avtomobilov sta enaki.

(**B**) Hitrost prvega avtomobila je 2-krat tolikšna kot hitrost drugega avtomobila.

(**C**) Hitrost prvega avtomobila je 4-krat tolikšna kot hitrost drugega avtomobila.

(**D**) Hitrost prvega avtomobila je 16-krat tolikšna kot hitrost drugega avtomobila.

A2 Telo, ki ima površino s temperaturo T, seva. Fizikalno količino, ki pove, koliko energije odda s sevanjem vsako sekundo vsak kvadratni meter površine telesa, ki seva, imenujemo *gostota energijskega toka*. Označimo jo s črko j, njena enota pa je $\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$. Stefanov zakon opiše opaženo kvantitativno zvezo med gostoto izsevanega energijskega toka j in temperaturo površine (črnega) telesa T:

$$j = \sigma \cdot T^4 \,,$$

kjer je σ Stefanova konstanta. Katero enoto ima σ?

(**A**) $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s} \cdot \mathrm{K}^4}$ (**B**) $\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s} \cdot \mathrm{K}^4}$ (**C**) $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{K}^4}$ (**D**) $\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{K}^4}$

A3 Jože spusti z balkona žogico za tenis. Med padanjem nanjo delujeta sili teže in zračnega upora. Katera izjava je pravilna?

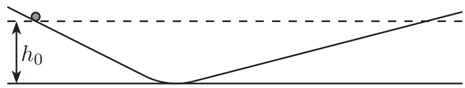
(**A**) Delo sile zračnega upora je enako spremembi kinetične energije žogice.

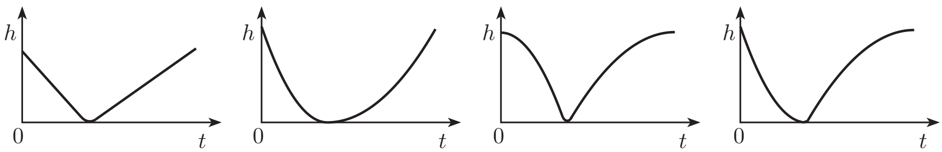
(**B**) Delo sile zračnega upora je enako spremembi vsote kinetične in potencialne energije žogice.

(**C**) Delo sile teže je enako spremembi kinetične energije žogice.

(**D**) Delo sile teže je enako spremembi vsote kinetične in potencialne energije žogice.

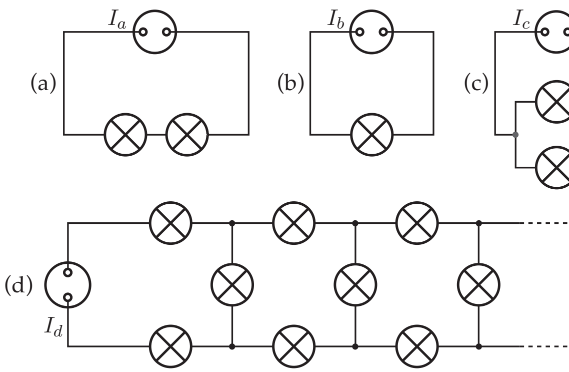
A4 Košček ledu spustimo po klancu, ki se najprej spušča, potem pa dviga, kot kaže slika, z začetne višine h_0, na kateri košček miruje. Prehod na dnu klanca je kratek in gladek. Upor in trenje lahko zanemarimo. Kateri graf pravilno kaže, kako se višina, na kateri je košček ledu, merjeno od dna klanca, spreminja s časom?





(**A**) (**B**) (**C**) (**D**)

A5 Na isti vir vežemo različne kombinacije samih enakih žarnic, kot kažejo slike (a), (b), (c) in (d), ter izmerimo tok, ki v posameznem vezju teče skozi vir. Katera izjava o tokovih I_a, I_b, I_c in I_d je pravilna?



(**A**) $I_d < I_a$

(**B**) $I_a < I_d < I_b$

(**C**) $I_b < I_d < I_c$

(**D**) $I_c < I_d$

B1 Pri tej nalogi se boš ukvarjal z **vodoravnim** in pri koncu naloge še s **poševnim** metom puščice za pikado.

Prosto gibanje puščice po vodoravnem ali poševnem metu je sestavljeno iz enakomernega gibanja v smeri naprej (s stalno hitrostjo v vodoravni smeri) in enakomerno pospešenega navpičnega gibanja (s pospeškom prostega pada, ki kaže navzdol; kot pri prostem padu ali navpičnem metu).

(a) Strelec ob času $t = 0$ vrže puščico za pikado s hitrostjo $8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ v vodoravni smeri z višine $h_0 = 1{,}8$ m nad tlemi. Koliko časa puščica leti in v kolikšni oddaljenosti od strelca pade na tla?

(b) V koordinatni sistem nariši graf $y(x)$, ki predstavlja tir, po katerem se giblje puščica, pri čemer sta x in y vodoravna in navpična koordinata lege puščice. Koordinati puščice v trenutku, ko jo strelec vrže, sta $x_0 = 0$ in $y_0 = h_0$.

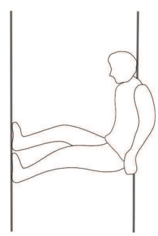
(c) Tarča premera 40 cm visi na steni, ki je $2{,}4$ m pred strelcem. Središče tarče je $1{,}7$ m nad tlemi. Vriši tarčo v koordinatni sistem pri (b). Strelec vrže puščico s hitrostjo $8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ v vodoravni smeri z višine $h_0 = 1{,}8$ m nad tlemi proti tarči; smeri levo-desno ne zgreši, puščica leti v taki smeri, da lahko središče tarče zgreši le v navpični smeri. V kolikšni razdalji od središča tarče zadene puščica tarčo (ali steno)?

(d) Sredinski krog na tarči ima premer 4 cm. Kolikšni sta največja in najmanjša začetna hitrost puščice, ki jo strelec vrže v vodoravni smeri, da puščica zadene sredinski krog?

(e) Tarčo prestavimo 10 cm višje. Strelec vrže puščico za pikado pod kotom z začetne višine $h_0 = 1{,}8$ m. Komponenta začetne hitrosti puščice v vodoravni smeri (naravnost proti tarči) je $8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, komponenta začetne hitrosti v navpični smeri pa je tolikšna, da puščica tarčo zadene točno na sredini.

- Kolikšna je komponenta začetne hitrosti puščice v navpični smeri?
- Kolikšna je začetna hitrost puščice in pod kolikšnim kotom jo je strelec vrgel? Pomagaj si z grafično konstrukcijo začetne hitrosti.

B2 Plezalec z maso 85 kg počiva v razpoki med navpičnima stenama tako, da se z nogama opira ob eno steno, s hrbtom pa ob nasprotno steno, kot kaže slika. Plezalec v razpoki miruje.



Sila lepenja $\vec{F_l}$ na telo je vzporedna podlagi, na katero pritiska telo, za njeno velikost pa velja $F_l \leq k_l \cdot F_\perp$, kjer je $F_\perp$ sila (ali komponenta sile), ki je pravokotna na podlago, k_l pa je koeficient lepenja. Sila lepenja prepreči zdrs telesa vzdolž podlage, če je sila, ki deluje na telo v smeri (možnega) zdrsa in bi zdrs povzročila, manjša od največje možne sile lepenja.

(a) Plezalec tišči z nogami ob steno s silo 700 N v smeri, pravokotni na steno. S kolikšno silo v smeri, pravokotni na steno, tišči ob nasprotno steno njegov hrbet?

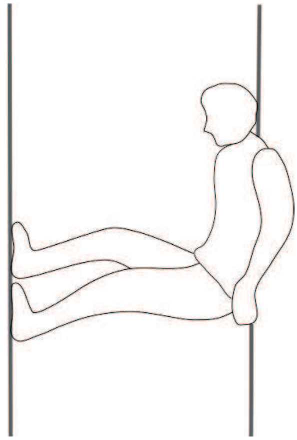
(b) Kolikšna je vsota sile lepenja, s katero stena deluje na njegove čevlje, in sile lepenja, s katero nasprotna stena deluje na njegov hrbet?

(c) Koeficient lepenja k_l med steno in podplati plezalčevih čevljev je $1{,}2$, med plezalčevim hrbtom in steno pa $0{,}8$. Ob steni tišči plezalec v smeri, pravokotni na steni, z enakima silama kot prej. Kolikšno breme si lahko največ naloži, da med stenama ne zdrsne?

(d) Plezalec brez bremena zmanjša silo, s katero tišči z nogami ob steno v smeri, pravokotni na steno, za toliko, da je ravno na meji zdrsa. S kolikšno silo deluje plezalec v smeri, pravokotni na steno, z nogami?

(e) Nariši vse sile na mirujočega plezalca v razpoki na meji zdrsa v merilu, kjer 1 cm pomeni silo 200 N.

(f) Plezalec se v razpoki povzpne više. Ob odrivu navzgor se na hrbtni strani ob steno opre z dlanmi, s hrbtom pa se od stene za kratek čas odlepi. Njegov pospešek v navpični smeri je $1{,}6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Koeficient lepenja med rokavicami in steno je enak kot koeficient lepenja med hrbtom in steno. S kolikšno najmanjšo silo mora med odrivom tiščati z nogami pravokotno ob steno?



Eksperimentalna naloga: karakteristika in moč žarnice

Pri poskusu vežeš **enake** žarnice v električni krog na različne načine, meriš tokove skozi žarnice in baterijo ter napetosti na žarnicah in bateriji. Iz izmerjenih količin izračunaš upor žarnice, moči, ki jih prejemajo žarnice, ter moč, ki jo daje baterija.

(a) V prvem delu poskusa lahko uporabiš 3 žarnice, ki jih vežeš v krog na različne načine. Izmeri napetost U na **eni** žarnici in tok I, ki teče skoznjo.

Meritev opravi pri petih (od 0 različnih) vrednostih napetosti U na žarnici. Vrednosti napetosti U se morajo med seboj razlikovati za vsaj $0{,}3$ V. Izmerjene in izračunane vrednosti zapiši v tabelo. Za vsako meritev nariši shemo vezja in označi žarnico, na kateri meriš, z zaporedno oznako meritve, od $Ž_1$ do $Ž_5$.

	(a)		(b)	(c)
meritev	U [V]	I [mA]	$R_\otimes$ [Ω]	$P_\otimes$ [W]
$Ž_1$				
$Ž_2$				
$Ž_3$				
$Ž_4$				
$Ž_5$				

(b) Za vsako meritev izračunaj *upor* žarnice $R_\otimes$, ki je določen kot razmerje

$$R_\otimes = \frac{U}{I}\,.$$

Enota za upor R je *ohm* z oznako $\Omega = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$. Izračunane vrednosti vpiši v 3. stolpec tabele pri (a).

(c) Električna moč P, ki jo posamezni element v električnem krogu prejema ali daje, je zmnožek napetosti na tem elementu in toka skozenj,

$$P = U \cdot I\,.$$

Enota za moč je *vat (angl. watt)*, z oznako W = V · A, tisočina vata je milivat, mW. Za vsako meritev izračunaj *moč* $P_\otimes$, ki jo prejema žarnica, ter rezultat vpiši v 5. stolpec tabele pri (a).

(d) Uporabi vrednosti, izmerjene pri (a), dodaj še točko pri $U = 0$ ter v koordinatni sistem nariši graf, ki kaže, kako sta med seboj povezana napetost na žarnici U in tok I skoznjo. Graf imenujemo *karakteristika žarnice*.

(e) Uporabi vrednosti, izračunane pri (a), in v koordinatni sistem nariši graf, ki kaže, kako je upor žarnice $R_\otimes$ odvisen od napetosti na žarnici.

(f) Na navoju žarnice sta zapisana podatka o *nazivni napetosti* U_n in *nazivnem toku* I_n, ki pri U_n teče skozi žarnico. Izračunaj *nazivno moč* P_n žarnice.

(g) Uporabi vrednosti, izračunane pri (a), dodaj še točki pri $U = 0$ in U_n ter v koordinatni sistem nariši graf, ki kaže, kako se s tokom I, ki teče skozi žarnico, spreminja moč $P_{\otimes}$, ki jo prejema žarnica.

(h) Skiciraj shemo vezave s 3 žarnicami, pri kateri se baterija **najpočasneje** izprazni. Žarnice na shemi označi z $Ž_1$, $Ž_2$ in $Ž_3$. Žarnice poveži po shemi in izmeri tokove skozi posamezne žarnice ter napetosti na posameznih žarnicah in bateriji ter izračunaj moči baterije in žarnic. Izmerjene in izračunane vrednosti zapiši v tabelo.

element	U_1 [V]	I_1 [mA]	P [mW]
$Ž_1$			
$Ž_2$			
$Ž_3$			
baterija			

(i) Skiciraj shemo vezave z 2 žarnicama, pri kateri se baterija **najhitreje** izprazni. Žarnici na shemi označi z $Ž_1$ in $Ž_2$. Žarnici poveži po shemi in izmeri tokova skozi posamezni žarnici ter napetosti na posameznih žarnicah in bateriji ter izračunaj moči baterije in žarnic. Izmerjene in izračunane vrednosti zapiši v tabelo.

element	U_1 [V]	I_1 [mA]	P [mW]
$Ž_1$			
$Ž_2$			
baterija			

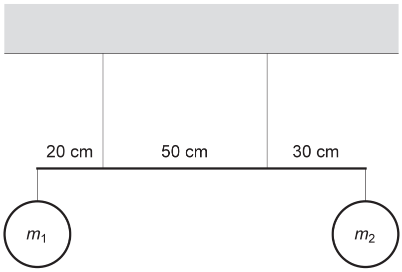
(j) V nekem vezju je nekaj enakih žarnic in baterija. Primerjaj skupno moč vseh žarnic z močjo baterije. Pomagaj si s svojimi že opravljenimi meritvami. Zapiši ugotovitev.

(k) Pri poskusu si uporabljal same enake žarnice. Kako bi se rezultati meritev napetosti in tokov ter računov moči razlikovali (ali pa ne) od teh, ki si jih dobil, če bi uporabljal žarnice, ki se med seboj razlikujejo? Napiši 3 domneve, ki bi jih s poskusi tudi potrdil.

Fizikalno tekmovanje srednješolcev Slovenije – državno tekmovanje

Skupina I

1. Na strop smo z dvema vrvicama pritrdili palico, kot je prikazano na sliki. Dolžina palice je 1 m, njena masa pa 1 kg. Na krajišči palice obesimo dve uteži, masa uteži m_1 je 2 kg.



   a) S kolikšno silo deluje vsaka od vrvic na strop, če je masa uteži m_2 enaka 3 kg?

   b) Kolikšen razpon mas lahko zavzame utež m_2, da ostane palica v vodoravnem položaju?

2. Luka z velike razdalje vrže žogo proti košu s hitrostjo 10 m/s pod kotom 60° glede na vodoravnico. Pri izmetu je žoga na višini 270 cm nad tlemi. Soigralec Žiga opazi, da žoga ne bo zadela koša, zato vrže kepo ilovice navpično navzgor proti žogi. Kepa zadane žogo in se sprime z njo, ko je ta na višini 270 cm in v vodoravni smeri 100 cm oddaljena od (sredine) obroča koša. Žoga nato ravno pade v koš.

   Masa žoge je 600 g, masa kepe 300 g, obroč koša je na višini 305 cm.

   a) Kolikšni sta vodoravna in navpična komponenta hitrosti žoge tik pred trkom s kepo?

   b) Kolikšna je vodoravna komponenta hitrosti žoge tik po trku? Koliko čas traja let žoge od trenutka trka do trenutka, ko doseže koš?

   c) Kolikšna mora biti navpična komponenta hitrosti žoge po trku, da gre v času, izračunanem pri b), ravno skozi sredino obroča?

   d) S kolikšno hitrostjo je Žiga vrgel kepo, če jo je izpustil na višini 150 cm nad tlemi?

3. Ema in Tim z masama po 60 kg se na avtodromu vozita v avtomobilčku A z maso 120 kg. V nekem trenutku s hitrostjo 6,0 m/s neprožno trčita v nasproti vozečega Roka z maso 60 kg, ki v enakem avtomobilčku B vozi s hitrostjo le 1,0 m/s. Gumijasta obroba amortizira trk tako, da ostaneta tudi po trku avtomobilčka skupaj. Tik pred trkom oba voznika izključita pogon, a se avtomobilčka prosto gibljeta. Trenje med podlago in kolesi je zanemarljivo.

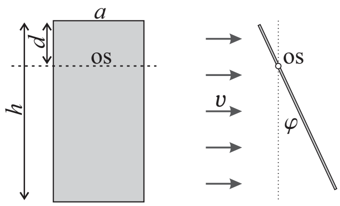
   a) Za koliko se pri trku zmanjša kinetična energija udeleženih teles?

   Ana se v svojem avtomobilčku vozi s hitrostjo 2,0 m/s v isti smeri kot Ema in Tim. Zanjo je hitrost Eme in Tima pred trkom manjša, hitrost Roka pa večja.

   b) Prostoročno nariši grafa hitrosti avtomobilčkov A in B pred in po trku v odvisnosti od časa, kot bi ju izmerila Ana. Pri risanju upoštevaj, da trk ni povsem trenuten. Jasno označi, kateri graf pripada kateremu avtomobilčku. Upoštevaj, da se pri gibanju v nasprotni smeri predznak hitrosti spremeni.

   c) Kolikšno zmanjšanje kinetične energije izračuna Ana, če računa s hitrostmi, kot jih izmeri ona? Mora biti njen rezultat enak tistemu pri vprašanju a)?

4. Barbara si naredi preprost vetromer. Ploščo s širino $a = 10$ cm, z višino $h = 20$ cm in z maso 50 g vrtljivo vpne $d = 5$ cm pod zgornjim robom, kot kaže leva slika. Os, okoli katere se plošča lahko vrti, je vzporedna z zgornjim robom plošče. Hitrost vetra določa iz velikosti kota φ, za katerega je plošča nagnjena od navpičnice, ko je os vrtenja vodoravna in hkrati pravokotna na smer vetra, kot kaže desna slika. Vetromer uporablja samo za vetrove, ki pihajo v vodoravni smeri. Silo vetra na telo opišemo z enačbo $F = \frac{1}{2}c\rho v^2 S$, kjer je $\rho = 1{,}3$ kg/m^3 gostota zraka, S prečni presek telesa pravokotno na smer vetra, v hitrost vetra in c konstanta, ki ima za pravokotno ploščo vrednost $c = 0{,}8$. Veter piha s hitrostjo 10 m/s.



a) Barbara ploščo drži za spodnji rob, da je postavljena navpično. Kolikšen je navor vetra na ploščo okoli osi, na katero je vpeta?

b) Barbara rob plošče spusti, da se plošča lahko prosto vrti. Za kolikšen kot je plošča nagnjena, ko obmiruje? *Namig*: $\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$.

c) Za kolikšen kot je plošča nagnjena, če je hitrost vetra 1 m/s?

Skupina II

1. Žarnica je izdelana za napetost 3,00 V, pri kateri sveti z močjo 240 mW. Iz predpostavke, da je upor žarnice sorazmeren s temperaturo žarilne nitke, in predpostavke, da je moč žarnice, ki oddaja energijo s sevanjem, sorazmerna s četrto potenco absolutne temperature žarilne nitke, dobimo med uporom R in močjo P zvezo $P/P_0 = (R/R_0)^4$, kjer je P_0 moč žarnice, ko je upor žarnice enak R_0. Na vir z gonilno napetostjo $U_\mathrm{g} = 6{,}00$ V in z zanemarljivim notranjim uporom zaporedno vežemo žarnico in upornik R_1. Moč, ki jo oddaja žarnica, je 200 mW.

a) Kolikšna je napetost na žarnici in kolikšen je upor upornika R_1?

b) Z upornikom R želimo vezje spremeniti tako, da bo žarnica svetila z močjo 240 mW. Nariši shemo električnega kroga z virom, žarnico, upornikom R_1 in ustrezno vezanim upornikom R. Kolikšen mora biti upor upornika R?

2. V sobi želimo imeti temperaturo 22 °C. Površina sten je $S_s = 30$ m^2, debelina 20 cm, toplotna prevodnost $\lambda = 1{,}0$ W/mK. Prevajanje skozi tla in strop zanemarimo.

a) Kolikšna mora biti moč električne peči, če je zunanja temperatura 10 °C?

b) Namesto peči uporabimo toplotno črpalko. To je naprava, ki prečrpava toploto z mesta z nižjo temperaturo, T_n, na mesto z višjo temperaturo, T_v. Če označimo toplotni tok v črpalko pri T_n s P_n in toplotni tok iz črpalke pri T_v s P_v, velja $P = P_v - P_n$, pri čemer je P električna moč, ki jo dovajamo črpalki. V idealni toplotni črpalki je razmerje med vloženo električno močjo in prečrpano močjo odvisno od (absolutnih) temperatur in enako

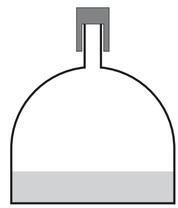
$$\frac{P}{P_v} = 1 - \frac{T_n}{T_v}\,.$$

Kolikšna je potrebna dovedena električna moč za črpalko, pri kateri je razmerje P/P_v trikrat večje od idealnega, da doseže enak učinek kot peč pri a)?

c) Kolikšna je lahko najmanjša zunanja temperatura, če je največja električna moč toplotne črpalke iz vprašanja b) 1 kW?

d) Poleti delovanje toplotne črpalke iz vprašanja b) obrnemo, da prečrpava toploto iz hladnejše sobe v toplejšo okolico. Črpalka deluje kot klimatska naprava. Kolikšno temperaturo dosežemo v sobi, če je zunanja temperatura 35 °C in črpalka deluje s konstantno električno močjo 200 W?

3. Velik čajnik s prostornino 4,0 dm^3 ima na vrhu dolg navpičen vrat s polmerom $r = 1{,}0$ cm. V čajniku, ki ga postavimo na grelno ploščo, segrevamo 0,50 dm^3 vode. Tik preden voda zavre, je v čajniku nad vodo samo vodna para in nič zraka. Preko vratu poveznemo kovinski pokrov z maso 100 g, ki zaradi relativno velike mase dobro tesni, a se ne dotika navpičnih sten vratu. Ko voda v čajniku pri $T_0 = 100\,^\circ$C zavre, sta tudi pokrov in čajnik segreta na T_0, tlak zunaj in znotraj čajnika je takrat $p_0 = 100$ kPa.



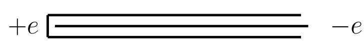
a) Privzemi, da se temperatura vodne pare med vrenjem ne spreminja, povečuje se le tlak vodne pare. Koliko vode mora izpareti, da se pokrov dvigne z vratu? Kilomolska masa vode je 18 kg/kmol.

b) Pri temperaturi blizu T_0 je celoten toplotni tok, ki ga čajnik prejema, ko odštejemo toplotni tok, ki ga segret čajnik oddaja v okolico, 25 W. Specifična izparilna toplota vode je 2,26 MJ/kg. Koliko časa traja, da voda iz vprašanja a) izpari?

c) V resnici je temperatura vrelišča odvisna od tlaka in se v bližini T_0 poveča za 0,25 K za vsakih 1,0 kPa povečanja tlaka. Skupna toplotna kapaciteta čajnika in zamaška je 300 J/K. Koliko časa od takrat, ko voda zavre, v tem primeru traja, da se pokrov dvigne?

(Dovedena toplota, potrebna za segretje telesa s toplotno kapaciteto C za temperaturno razliko ΔT, je $Q = C\Delta T$.)

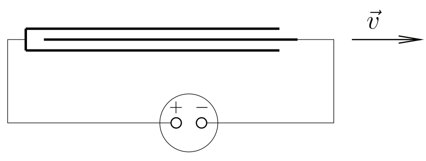
4. Kondenzator je sestavljen iz treh kovinskih plošč v obliki kvadrata s stranico 10 cm, postavljenih v enakomernih razmikih, kot kaže slika. Razmik med sosednjima ploščama je 0,1 mm.



a) Na plošče nanesemo naboj 10 nAs (+10 nAs na zunanji dve in −10 nAs na notranjo). Kolikšna je jakost električnega polja med ploščami?

Namig: Poznaš enačbo za električno polje ene plošče. Upoštevaj, da k električnem polju v prostoru med poljubnima ploščama prispevajo v enaki meri vse plošče.

b) Kolikšna je napetost med notranjo in zunanjima ploščama? Kolikšna je kapaciteta takšnega kondenzatorja? Plošče se maksimalno prekrivajo, a tako, da ne pride do stika.



c) Kondenzator priključimo na napetost 12 V in počakamo, da se napetost na kondenzatorju ustali. Negativno ploščo pričnemo s konstantno hitrostjo 50 cm/s vleči iz kondenzatorja, tako da se razmik med ploščami ohranja. Kolikšen tok teče v vezju? Teče tok od pozitivne plošče proti negativni ali obratno?

Skupina III

1. **Ema, Ana, Rok** in **Tim** gredo v lunapark na vožnjo z avtomobilčki. Masa avtomobilčka z voznikom je 200 kg, največja možna hitrost pa 6 m/s. **Tim** in **Ana** vozita drug poleg drugega z največjo možno hitrostjo. **Rok** se nenadoma čelno zaleti v **Tima**, tako da oba avtomobilčka obmirujeta na mestu, **Ana** pa z nezmanjšano hitrostjo nadaljuje vožnjo. Gumijasta obroba amortizira trk, tako da se avtomobilčka pri trku ustavita po 0,4 s.
   Ema stoji ob robu avtodroma in komentira: „Med trkom je šlo kar nekaj kinetične energije v izgubo.“ Malo poračuna: „Aha, že imam rezultat“.
   Tim pravi: „Jaz to izračunam precej hitreje, saj zadostuje, da upoštevam le **Roka**, ki se zaleti vame. Zame je moja hitrost nič in torej nimam kinetične energije.“ Računa. „**Ema** se je očitno zmotila; jaz dobim precej drugačen rezultat.“
   Ema: „Nisem se zmotila, dobiva pač različen rezultat zato, ker si se ti gibal, jaz pa sem mirovala.“
   Tim: „Mirovala? Saj si kar z nekaj km/s skupaj z avtodromom drvela skozi vesolje.“
   Oglasi se **Ana**: „Različne hitrosti ne morejo biti razlog za različne rezultate, saj je že Galilej vedel, da morajo vsi opazovalci, ki se gibljejo premo enakomerno, dobiti enak rezultat. Bom še jaz izračunala izgube.“

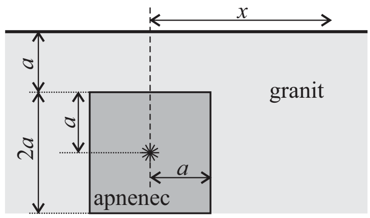
   V vprašanjih a), c) in e) boš vsakič prostoročno narisal graf hitrosti v odvisnosti od časa $v(t)$ za različne osebe, kot jih vidi ena od oseb. Na vsakem grafu označi, za katero osebo je narisan graf. Upoštevaj, da se pri gibanju v nasprotni smeri predznak hitrosti spremeni.

   a) Prostoročno nariši graf $v(t)$ za Roka, Tima in Ano, kot jih vidi Ema.
   b) Kolikšne izgube je izračunala Ema?
   c) Prostoročno nariši graf $v(t)$ za Roka in Ano, kot ju vidi Tim.
   d) Kolikšne izgube je izračunal Tim?
   e) Prostoročno nariši graf $v(t)$ za Roka in Tima, kot ju vidi Ana.
   f) Je Anin izračun izgub enak Eminemu ali Timovemu?
   g) Kateri od udeležencev je (so) torej dobil(i) napačen rezultat; kako to pojasniš glede na Galilejevo trditev?

2. Žarnica je izdelana za napetost 3,00 V, pri kateri sveti z močjo 240 mW. Iz predpostavke, da je upor žarnice sorazmeren s temperaturo žarilne nitke, in predpostavke, da je moč žarnice, ki oddaja energijo s sevanjem, sorazmerna s četrto potenco absolutne temperature žarilne nitke, dobimo med uporom R in močjo P zvezo $P/P_0 = (R/R_0)^4$, kjer je P_0 moč žarnice, ko je upor žarnice enak R_0. Na vir z gonilno napetostjo $U_\mathrm{g} = 6{,}00$ V in z zanemarljivim notranjim uporom zaporedno vežemo žarnico in upornik R_1. Moč, ki jo oddaja žarnica, je 200 mW.

   a) Kolikšna je napetost na žarnici?
   b) Kolikšen je upor upornika R_1?
   c) Z upornikom R želimo vezje spremeniti tako, da bo žarnica svetila z močjo 240 mW. Nariši shemo električnega kroga z virom, žarnico, upornikom R_1 in ustrezno vezanim upornikom R. Kolikšen mora biti upor upornika R?
   d) Če tok skozi žarnico preseže 90,0 mA, žarnica pregori. Kolikšna je največja moč, s katero žarnica sveti, preden pregori?

3. Potresi ali podzemne eksplozije generirajo valovanje, ki se širi skozi Zemljo v obliki longitudinalnega in transverzalnega valovanja. Na meji dveh sredstev se valovanje lomi. V debeli granitni plasti je apnenčasta tvorba v obliki valja s polmerom $a = 0{,}500$ km in višino $2a$ kot kaže v prečnem prerezu slika. Zgornja ploskev apnenčastega valja je a pod vodoravnim površjem. Iz žarišča šibke eksplozije v središču valja se skozi apnenec v vse smeri širi le longitudinalno valovanje s hitrostjo $c = 4{,}50$ km/s. Površje Zemlje valovanje doseže tako, da valj zapusti bodisi skozi zgornjo osnovno ploskev bodisi skozi plašč valja. Pri lomu iz apnenca v granit se del valovanja pretvori v transverzalno valovanje. Hitrost longitudinalnih valov v granitu je $c_L = 5{,}50$ km/s, hitrost transverzalnih valov pa $c_T = 3{,}30$ km/s. Kje opazovano valovanje doseže površje, opišemo z razdaljo x, ki jo merimo od točke na površju Zemlje navpično nad žariščem eksplozije.



Lahko se zgodi, da pri nekaterih razdaljah x površje doseže longitudinalno ali transverzalno valovanje na dva načina: valj zapusti skozi zgornjo osnovno ploskev ali skozi plašč. Take točke na površju imenujmo *dvojne*. Zgodi pa se lahko tudi, da pri nekaterih razdaljah x površja transverzalno ali longitudinalno valovanje sploh ne doseže. Take točke na površju imenujmo *senčne*.

a) Preveri obstoj dvojnih in senčnih točk za longitudinalno valovanje. Če ene ali druge obstajajo, določi ustrezen interval razdalj x in zapiši, za katere točke gre.

b) Preveri obstoj dvojnih in senčnih točk za transverzalno valovanje. Če ene ali druge obstajajo, določi ustrezen interval razdalj x in zapiši, za katere točke gre.

c) Za oddaljene točke ($x \gg a$) izrazi razdaljo x z razliko v času Δt potovanja transverzalnih in longitudinalnih valov. Kolikšna je razdalja x za $\Delta t = 6{,}00$ s?

4. Pri nalogi računamo magnetno polje krožečega naboja v zanki in cevi. V središču krožne zanke s polmerom r, po kateri teče tok I, je $B = \mu_0 I/2r$.

a) Naboj e, ki kroži po krožnici s polmerom r in frekvenco ν, predstavlja tokovno zanko. Izrazi tok v zanki in magnetno polje v središču krožnice z e, ν in r.

b) Tanka cev iz izolatorja v obliki votlega valja s polmerom 0,524 cm, višino 9,32 cm in maso 11,53 g je homogeno nabita z nabojem 0,34 As. Cev se po ravni podlagi kotali s hitrostjo 6,1 m/s. Kolikšno je magnetno polje v cevi? Kolikšna je magnetna energija cevi?

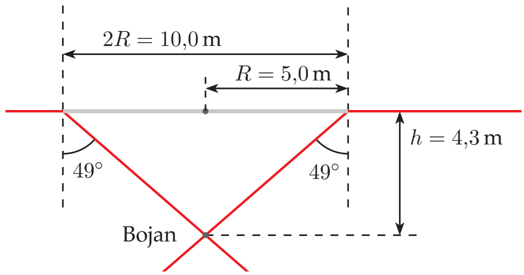
   Namig: Cev obravnavaj kot dolgo ravno tuljavo.

c) Cev pride do klanca in se zakotali po njem navzdol. Fizik, ki ne ve, da je cev nabita, meri višino klanca tako, da izmeri hitrost cevi pred klancem in po njem. Kolikšna bo relativna napaka njegove meritve? Cev se kotali brez spodrsavanja.

Rešitve tekmovanja iz fizike za zlato Stefanovo priznanje – državno tekmovanje

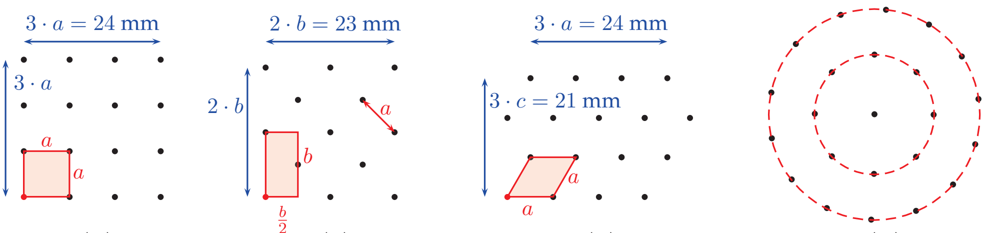
Rešitve nalog za 8. razred

A1 Ko Bojan izpod morske gladine gleda proti gladini, do njega iznad gladine prihaja svetloba, ki prehaja iz zraka v vodo v svetlem krogu nad Bojanom. Ta snop svetlobe je omejen z žarki, za katere je lomni kot največji možen; to pa je 49°. Narišemo gladino in premer svetlega kroga v merilu (v teh rešitvah je uporabljeno merilo 1 : 200), ob robovih svetlega kroga narišemo vpadni pravokotnici za dva mejna žarka ter oba mejna žarka po prehodu iz zraka v vodo v smeri lomnega kota 49°.



Bojan je tam, kjer se mejna žarka sekata. Izmerimo razdaljo med presečiščem žarkov in gladino, upoštevamo merilo in ugotovimo, da je Bojan 4,3 m pod morsko gladino.

A2 Ko kot φ narašča in se približuje vrednosti 90°, velikost sile F, s katero je vrv napeta, narašča preko vseh mej. Tak potek $F(\varphi)$ kaže le graf (D).



(A) (B) (C) (D)

$S_A = a^2 = 64\ \mathrm{mm}^2 \qquad S_B = \frac{1}{2}\,b^2 = 66\ \mathrm{mm}^2 \qquad S_C = \frac{1}{2}\,a \cdot c = 56\ \mathrm{mm}^2$

A4 Kot kaže slika, se avto giblje vzdolž osi x, koordinata x njegove lege se s časom povečuje in velja $v > 0$. Ker je lega avta ob $t = 0$ pri $x < 0$, vidimo, da je $x(t = 0) = x_0 < 0$.

A5 Raztezek žice Δl in dolžina žice l imata isto enoto, zato je izraz $\frac{\Delta l}{l}$ (za relativno spremembo dolžine žice) brez enote. Tudi na drugi strani enačbe se enote pokrajšajo. Enota izraza $\frac{F}{S}$, ki je $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} = \mathrm{Pa}$, se mora pokrajšati z enoto prožnostnega modula E, ki je v imenovalcu zapisanega izraza. To pomeni, da ima tudi E enoto Pa.

B1 (a) Uporabimo obrazec za prostornino krogle in izračunamo prostornino napihnjene žoge s polmerom $R = 30\,\mathrm{cm} = 0{,}30\,\mathrm{m}$: $V_0 = 4{,}19 \cdot R^3 = 4{,}19 \cdot (0{,}3\,\mathrm{m})^3 = 0{,}113\,\mathrm{m}^3$. Ko na napihnjeni žogi sedi Janez, je prostornina žoge V_1 za 5 % manjša od V_0. Izračunamo $V_1 = 0{,}95 \cdot V_0 = 0{,}107\,\mathrm{m}^3$.

(b) Povezava med tlakom p in prostornino zraka V v žogi je $p \cdot V = k$. Preden Janez sede na žogo, je tlak zraka v žogi $p_0 = 1{,}06$ bar, njegova prostornina pa $V_0 = 0{,}38\ \mathrm{m}^3$. Upoštevamo, da sta tlak in prostornina zraka obratnosorazmerna, in zapišemo

$$k = p_0 \cdot V_0 = 1{,}06\,\mathrm{bar} \cdot 0{,}113\,\mathrm{m}^3 = 1{,}06 \cdot 10^5\,\mathrm{Pa} \cdot 0{,}113\,\mathrm{m}^3 = 11{,}7 \cdot 10^3\,\mathrm{Pa} \cdot \mathrm{m}^3 = 0{,}117\,\mathrm{bar} \cdot \mathrm{m}^3\,.$$

(c) Ko na žogo sede Janez, se prostornina zraka zmanjša na $V_1 = 0{,}107\ \mathrm{m}^3$, tlak pa se poveča na p_1. Upoštevamo, da sta tlak in prostornina zraka obratnosorazmerna, in zapišemo

$$k = p_1 \cdot V_1\,.$$

(d) Izmerimo premer krožnice na sliki, $2 \cdot r = 3{,}0$ cm. Ker je slika odtisa narisana v merilu $1:10$, je premer odtisa žoge, ko na njej sedi Janez, 10-krat tolikšen, $2 \cdot r_J = 30$ cm in $r_J = 15$ cm $= 0{,}15$ m. Uporabimo obrazec za ploščino kroga in izračunamo ploščino odtisa pod žogo, $S = 3{,}14 \cdot r_J^2 = 3{,}14 \cdot (0{,}15\,\mathrm{m})^2 = 0{,}071\,\mathrm{m}^2$.

(e) Najprej naj opazovani sistem sestavljajo Janez, žoga in zrak v žogi. Na opazovani sistem, ki miruje, delujeta dve (po velikosti enaki, po smeri pa nasprotni) sili: teža opazovanega sistema $\vec{F}_g$ in sila tal $\vec{F}_t$, ki težo uravnoveša, $\vec{F}_g + \vec{F}_t = 0$ in $F_t = F_g$. Na Janeza in žogo sicer pritiska z vseh strani tudi zrak v okolici, a se sile zraka med seboj (skoraj) odštejejo (sila vzgona je v zraku majhna in jo lahko zanemarimo).

Zdaj zamenjajmo opazovani sistem: opazujmo le tisti del plašča žoge, ki je v stiku s podlago in ima ploščino $S = 0{,}071\,\mathrm{m}^2$. Upoštevajmo tudi, da guma s podlago ni zlepljena in da je med žogo in tlemi vedno tudi nekaj zraka. Ko na žogi sedi Janez, pritiska zrak v žogi na gumo, iz katere je žoga, s tlakom p_1, zrak, ki je okoli žoge (zunaj), pa pritiska na gumo z normalnim zračnim tlakom p_0. Poleg zraka, ki deluje na opazovani del plašča žoge z obeh strani z različnima silama $F_1 = p_1 \cdot S$ v smeri navzdol (iz notranjosti žoge) in $F_0 = p_0 \cdot S$ v smeri navzgor (iz zunanjosti žoge), deluje na opazovani del plašča v smeri navzgor tudi sila tal $\vec{F}_t$. Te tri sile se med seboj uravnovešajo, velja $\vec{F}_0 + \vec{F}_1 + \vec{F}_t = 0$. Ko upoštevamo smeri sil, za njihove velikosti zapišemo $F_1 = F_0 + F_t$ in dobimo

$$\begin{aligned} F_t = F_g &= F_1 - F_0 = p_1 \cdot S - p_0 \cdot S = (p_1 - p_0) \cdot S = (1{,}12\,\mathrm{bar} - 1\,\mathrm{bar}) \cdot 0{,}071\,\mathrm{m}^2 = \\ &= 0{,}12\,\mathrm{bar} \cdot 0{,}071\,\mathrm{m}^2 = 12\,000\,\mathrm{Pa} \cdot 0{,}071\,\mathrm{m}^2 = 852\,\mathrm{N}\,. \end{aligned}$$

Težo žoge lahko zanemarimo in zapišemo, da ima Janez $85{,}2$ kg.

(f) Ko Janez žogo dodatno napihne in sede nanjo, se tlak v žogi poveča na p_2, polmer stične ploskve pa se zmanjša na $r_1 = \frac{2}{3}\, r_J = 10$ cm. Ploščina stične ploskve je zdaj $S_1 = 3{,}14 \cdot (0{,}1\,\mathrm{m})^2 = 0{,}0314\,\mathrm{m}^2$. V ravnovesju velja

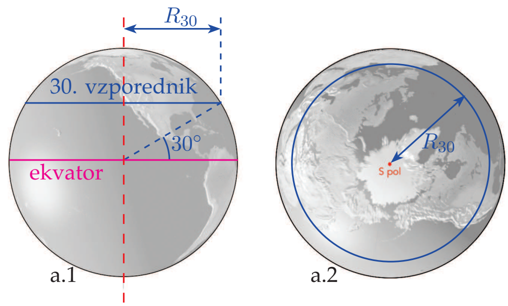
$$F_t = F_g = (p_2 - p_0) \cdot S_1\,.$$

Izrazimo razliko tlakov $\Delta p = p_2 - p_0$,

$$\Delta p = \frac{F_g}{S_1} = \frac{852\,\mathrm{N}}{0{,}0314\,\mathrm{m}^2} = 27\,134\,\mathrm{Pa} \approx 0{,}27\,\mathrm{bar}\,.$$

V žogi je potem, ko jo Janez dodatno napihne in sede nanjo, tlak $p_2 = p_0 + \Delta p = 1{,}27$ bar.

B2 (a) Na sliki a.1 sta prikazana ekvator in 30. vzporednik. Na sliki a.2 je prikazan 30. vzporednik. Polmer vzporednika R_{30} (pri pogledu na Zemljo iznad S pola je 30. vzporednik krožnica) določimo iz slike a.1.



(b) Polmer Zemlje je $R_Z = 6373$ km, kar preberemo z lista s fizikalnimi obrazci in konstantami. Na slikah je polmer zemeljske oble $R = 2{,}0$ cm. Zemlja je prikazana v merilu $2\,\mathrm{cm} : 6373\,\mathrm{km} = 1 : 318\,650\,000$.

(c) Ekvator, 30. vzporednik in oba nasprotna poldnevnika skupaj so krožnice. Polmera ekvatorja in krožnice iz obeh nasprotnih poldnevnikov sta enaka; to je kar polmer Zemlje $R_Z = 6373\,\mathrm{km}$ (rahlo sploščenost Zemlje zanemarimo). Obseg Zemlje po ekvatorju je zato enak obsegu Zemlje po obeh nasprotnih poldnevnikih,

$$o_E = o_p = 6{,}28 \cdot R_Z = 6{,}28 \cdot 6373\,\mathrm{km} = 40\,022\,\mathrm{km} \approx 40\,000\,\mathrm{km}\,.$$

Polmer 30. vzporednika določimo s pomočjo slike a.1. Na sliki a.1 izmerimo $2 \cdot R_{30} = 3{,}5$ cm $\pm\, 0{,}2$ cm in $R_{30} = 1{,}75$ cm $\pm\, 0{,}1$ cm. Upoštevamo merilo, v katerem je prikazana zemeljska obla, in ugotovimo, da je polmer 30. vzporednika R'_{30} enak

$$R'_{30} = 1{,}75\,\mathrm{cm} \cdot 318\,650\,000 = 557\,637\,500\,\mathrm{cm} \approx 5576\,\mathrm{km}\,.$$

Obseg Zemlje po 30. vzporedniku meri

$$o_{30} = 6{,}28 \cdot R'_{30} = 6{,}28 \cdot 5576\,\mathrm{km} \approx 35\,000\,\mathrm{km}\,.$$

(e) Pohorje pluje s hitrostjo $v_P = 20$ vozlov in opravi v času $t_1 = 45$ h pot $s_{P,45} = v_P \cdot t_1 =$ 900 NM. To je razdalja, ki ustreza povprečni širini enega časovnega pasu na ekvatorju d_{cpE}. Ker je dolžina ekvatorja $o_E = 40\,000$ km in ker je Zemlja razdeljena na 24 časovnih pasov, je povprečna širina enega časovnega pasu na ekvatorju

$$d_{cpE} = \frac{o_E}{24} = \frac{40\,000\,\mathrm{km}}{24} = 1667\,\mathrm{km}\,.$$

Upoštevamo še, da je $d_{cpE} = 900$ NM, in dobimo, da je 1 NM $= \frac{1667\,\mathrm{km}}{900} = 1{,}852$ km $= 1852$ m.

Lahko pa računamo tudi tako: obseg ekvatorja je $o_E = 40\,000$ km $= 24 \cdot 900$ NM $= 21\,600$ NM in

$$1\,\mathrm{NM} = \frac{40\,000\,\mathrm{km}}{21\,600} = 1{,}852\,\mathrm{km}\,.$$

(f) Če se zemljepisni dolžini obeh ladij spreminjata enako, ladji v istem času t_1 prečkata en časovni pas povprečne širine. Povprečna širina časovnega pasu je odvisna od geografske širine: na ekvatorju je časovni pas najširši in se proti poloma oža. Na 30. vzporedniku je širina povprečnega časovnega pasu

$$d_{cp30} = \frac{o_{30}}{24} = \frac{35\,000\,\mathrm{km}}{24} = 1458\,\mathrm{km}\,.$$

Maribor pluje s hitrostjo

$$v_M = \frac{d_{cp30}}{t_1} = \frac{1458\,\mathrm{km}}{45\,\mathrm{h}} = 32{,}4\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \frac{32{,}4\,\mathrm{km}}{1{,}852\,\mathrm{km}} \cdot \frac{1{,}852\,\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 17{,}5\,\frac{1{,}852\,\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 17{,}5\,\mathrm{vozlov}\,.$$

Lahko pa računamo tudi tako: obe ladji bi obpluli Zemljo (če bi jo lahko) v istem času t_2. V tem času bi Pohorje opravilo pot $s_P = o_E$ in Maribor pot $s_M = o_{30}$. Zapišemo

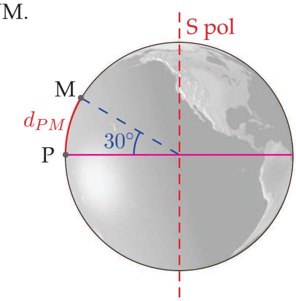
$$t_2 = \frac{o_E}{v_P} = \frac{o_{30}}{v_M}$$

in izrazimo hitrost ladje Maribor,

$$v_M = v_P \cdot \frac{o_{30}}{o_E} = 20\,\mathrm{vozlov} \cdot \frac{35\,000\,\mathrm{km}}{40\,000\,\mathrm{km}} = 20\,\mathrm{vozlov} \cdot \frac{7}{8} = 17{,}5\,\mathrm{vozlov}\,.$$

(g) Razdalja med Pohorjem na ekvatorju in S polom je enaka četrtini obsega Zemlje po obeh nasprotnih poldnevnikih o_p, razdalja med Pohorjem in Mariborom, ki je na 30. vzporedniku, pa je enaka eni dvanajstini o_p,

$$d_{PM} = \frac{o_p}{12} = \frac{21\,600\,\mathrm{NM}}{12} = 1800\,\mathrm{NM}.$$



Pohorje prepluje razdaljo d_{PM} v času

$$\begin{aligned} t_3 &= \frac{d_{PM}}{v_P} = \frac{1800\,\mathrm{NM}}{20\,\mathrm{vozlov}} = \\ &= \frac{1800\,\mathrm{NM}\cdot \mathrm{h}}{20\,\mathrm{NM}} = 90\,\mathrm{h} = 3\,\mathrm{dni}\,18\,\mathrm{h}\,. \end{aligned}$$

Rešitve eksperimentalne naloge: sestava kovanca in zlitine

(a) Masa 20 kovancev za 2 evra je $20 \cdot m = 170$ g ± 2 g. Masa enega kovanca je $m = 8{,}5$ g $\pm 0{,}1$ g.

V vrsto postavimo 10 ali več kovancev tako, da se stikajo in da so poravnani. Pri tem si lahko pomagamo z ravnilom. Premer 10 kovancev je $10 \cdot 2R = 20 \cdot R = 25{,}8$ cm ± 1 mm, premer enega kovanca pa je $2R = 25{,}8$ mm $\pm 0{,}1$ mm (in polmer kovanca je $R = 12{,}9$ mm $\pm 0{,}1$ mm).

Debelino kovanca h natančno izmerimo tako, da vseh 20 kovancev naložimo enega na drugega in izmerimo višino stolpca, $20 \cdot h = 44$ mm ± 1 mm. Debelina enega kovanca je $h = 2{,}2$ mm $\pm 0{,}1$ mm.

(b) Kovanec ima polmer $R = 12{,}9$ mm in višino $h = 2{,}2$ mm. Če predpostavimo, da je kovanec valj, je njegova prostornina

$$V_1 = S \cdot h = 3{,}14 \cdot R^2 \cdot h = 3{,}14 \cdot (1{,}29\,\mathrm{cm})^2 \cdot 0{,}22\,\mathrm{cm} = 1{,}15\,\mathrm{cm}^3 \pm 0{,}07\,\mathrm{cm}^3.$$

Izračunamo povprečno gostoto kovanca,

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{8{,}5\,\mathrm{g}}{1{,}15\,\mathrm{cm}^3} = 7{,}4\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \pm 0{,}6\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}\,.$$

(c) Prostornino 20 kovancev izmerimo z merilnim valjem, $20 \cdot V_2 = 19{,}5$ ml $\pm 0{,}5$ ml. Prostornina enega kovanca je

$$V_2 = \frac{19{,}5\,\mathrm{cm}^3}{20} = 0{,}975\,\mathrm{cm}^3 \pm 0{,}025\,\mathrm{cm}^3.$$

Izračunamo povprečno gostoto kovanca,

$$\rho_2 = \frac{m}{V_2} = \frac{8{,}5\,\mathrm{g}}{0{,}975\,\mathrm{cm}^3} = 8{,}7\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \pm 0{,}2\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}\,.$$

(d) Bližje pravi vrednosti povprečne gostote kovanca je ρ_2. Kovanec ni pravilni valj. Takoj opazimo, da osnovni ploskvi nista gladki in ravni, zaradi reliefa na površini kovanca tam nekaj kovine manjka, in podobno velja na plašču. Bolj natančno izmerimo prostornino v drugem primeru, zato je tudi račun gostote iz bolj natančno izmerjene prostornine natančnejši.

(e) Predpostavimo, da je kovanec valj. Premer kovanca je $2R = 25{,}8$ mm, premer notranjega valja iz medenine je $2R_m = 18{,}5$ mm $\pm 0{,}5$ mm. Polmer notranjega valja iz medenine je $R_m = 9{,}25$ mm $\pm 0{,}25$ mm.

Prostornina notranjega valja iz medenine je $V_m = 3{,}14 \cdot R_m^2 \cdot h$. Prostornina kolobarja iz zlitine CuNi je $V_{\mathrm{CuNi}} = 3{,}14\ \cdot (R^2 - R_m^2) \cdot h$. Razmerje med prostorninama obeh zlitin v kovancu je

$$\frac{V_{\mathrm{CuNi}}}{V_m} = \frac{3{,}14\ \cdot (R^2 - R_m^2) \cdot h}{3{,}14\ \cdot R_m^2 \cdot h} = \frac{R^2 - R_m^2}{R_m^2} = \frac{R^2}{R_m^2} - 1 = \frac{(12{,}9\,\mathrm{mm})^2}{(9{,}25\,\mathrm{mm})^2} - 1 = 0{,}94\ \pm 0{,}15\,.$$

Upoštevamo, da je vsota obeh prostornin enaka prostorni kovanca $V_2 = V_m + V_{\mathrm{CuNi}}$, izrazimo prostornino V_{CuNi} z V_m,

$$V_{\mathrm{CuNi}} = 0{,}94 \cdot V_m$$

in dobimo

$$V_{\mathrm{CuNi}} + V_m = 1{,}94 \cdot V_m = V_2 = 0{,}975\,\mathrm{cm}^3\,.$$

Prostornina sredine kovanca iz medenine je $V_m = 0{,}503$ cm$^3 \pm 0{,}04$ cm^3 in prostornina kolobarja iz zlitine CuNi je $V_{\mathrm{CuNi}} = 0{,}472$ cm$^3 \mp 0{,}04$ cm^3.

(f) Gostota bakra je $\rho_{\mathrm{Cu}} = 8940\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, gostota niklja je $\rho_{\mathrm{Ni}} = 8908\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Gostoti sta skoraj enaki, zato domnevamo, da je tudi gostota zlitine CuNi, v kateri je 75% bakra in 25% niklja približno enaka. Uporabimo izraz za gostoto zlitine in zapišemo

$$\rho_{\mathrm{CuNi}} = \eta_{\mathrm{Cu}} \cdot \rho_{\mathrm{Cu}} + \eta_{\mathrm{Ni}} \cdot \rho_{\mathrm{Ni}} = 0,75 \cdot 8940\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} + 0,25 \cdot 8908\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 8932\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 8{,}932\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}.$$

Masa kolobarja iz zlitine CuNi je

$$m_{\mathrm{CuNi}} = \rho_{\mathrm{CuNi}} \cdot V_{\mathrm{CuNi}} = 8{,}932\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \cdot 0{,}472\,\mathrm{cm}^3 = 4{,}2\,\mathrm{g}\ \pm 0{,}4\,\mathrm{g}.$$

Masa notranjega valja iz medenine je

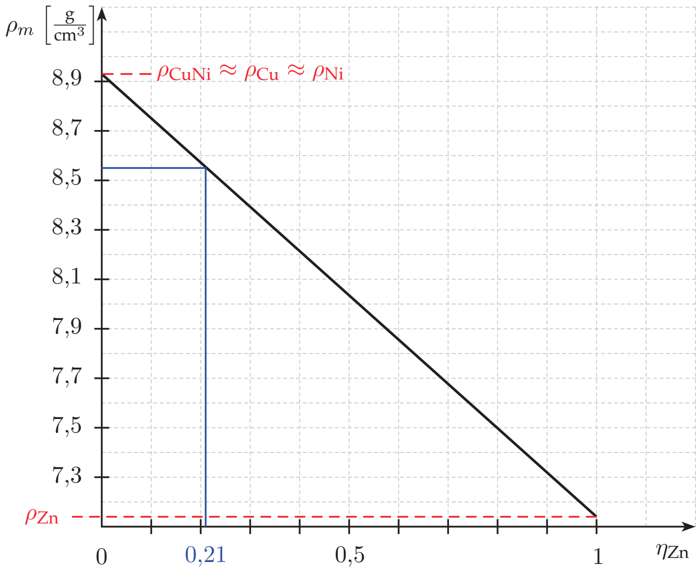
$$m_m = m - m_{\mathrm{CuNi}} = 8{,}5\,\mathrm{g} - 4{,}2\,\mathrm{g}\ = 4{,}3\,\mathrm{g}\ \mp 0{,}4\,\mathrm{g}.$$

Gostota medenine v kovancu je

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m} = \frac{4{,}3\,\mathrm{g}}{0{,}503\,\mathrm{cm}^3} = 8{,}55\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \pm 1{,}5\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}\,.$$

(g) Masni delež cinka v medenini je večji od 0 in manjši od 1; $0 < \eta_{\mathrm{Zn}} < 1$.

Graf kaže, kako je gostota medenine ρ_m odvisna od masnega deleža cinka η_{Zn}. Ko gre masni delež η_{Zn} proti 0, je gostota medenine enaka gostoti zlitine CuNi ($\rho_{\mathrm{CuNi}} \approx \rho_{\mathrm{Cu}} \approx \rho_{\mathrm{Ni}}$). Ko gre masni delež η_{Zn} proti 1, je gostota medenine enaka gostoti cinka.



Od prej vemo, da je gostota medenine v kovancu $\rho_m = 8{,}55\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$. Z grafa preberemo, da je masni delež cinka v medenini $\eta_{\mathrm{Zn}} = 0{,}21 \pm 0{,}01$.

Posamezne meritve so lahko v mejah sprejemljive natančnosti, a tekmovalec iz njih pravilno izračuna, da je $\rho_m > \rho_{\mathrm{Cu}}$ (kar je sicer napačen rezultat). V tem primeru lahko utemelji, da iz grafa ne more sklepati o gostoti medenine, ker dobi $\rho_m > \rho_{\mathrm{Cu}}$, kar kaže na premajhno natančnost njegovih meritev.

(Deklarirana sestava medenine v kovancih za 1 evo in 2 evra je 75% Cu, 20% Zn in 5% Ni.)

Rešitve nalog za 9. razred

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

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

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

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

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

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

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

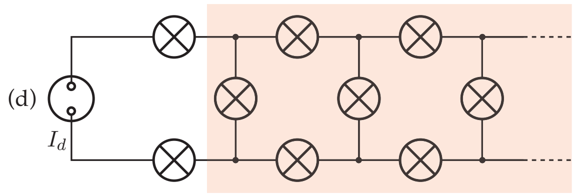
(C) Če na žogico ne delujejo druge zunanje sile, kot teža, je delo teže enako spremembi W_k žogice. A na to žogico deluje poleg teže tudi upor.

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

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

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

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



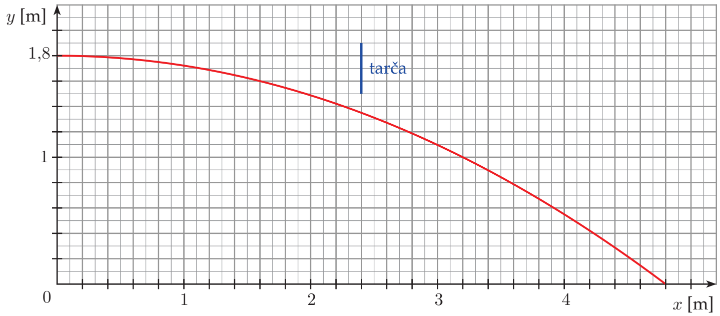
B1 (a) Upoštevamo, da lahko vodoravni met obravnavamo kot sestavljeno gibanje. Z višine $h_0 = 1{,}8$ m puščica do tal pada in prav toliko časa leti s hitrostjo $v_0 = 8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ tudi v vodoravni smeri čas

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

V tem času se v vodoravni smeri premakne za

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

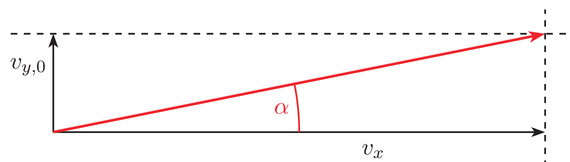
Hitrost puščice v navpični smeri v_y (komponenta celotne hitrosti v navpični smeri) pa se spreminja enako kot pri navpičnem metu navzgor, $v_y = v_{y,0} - g \cdot t$. V času $\frac{t_1}{2}$ se hitrost v navpični smeri zmanjša na 0, zapišemo lahko

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

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

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

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



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

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

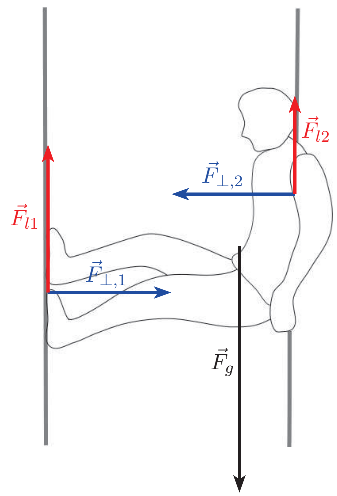
(c) Na čevlje plezalca, ki ob steno pritiska s silo $F_\perp = 700$ N, lahko deluje največja sila lepenja $F_{l1,max} = k_{l1} \cdot F_\perp = 1{,}2 \cdot 700 \text{ N} = 840$ N. Na hrbet plezalca, ki ob steno pritiska s silo $F_\perp = 700$ N, lahko deluje največja sila lepenja $F_{l2,max} = k_{l2}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

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

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

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

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



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

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

Upoštevamo, da sta sili lepenja podani z

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

in dobimo

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

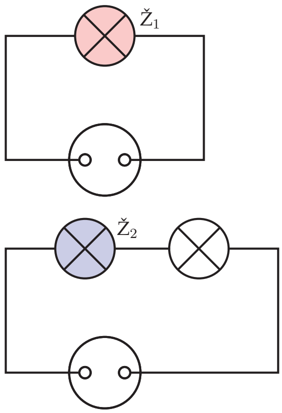
Izrazimo $F_\perp$,

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

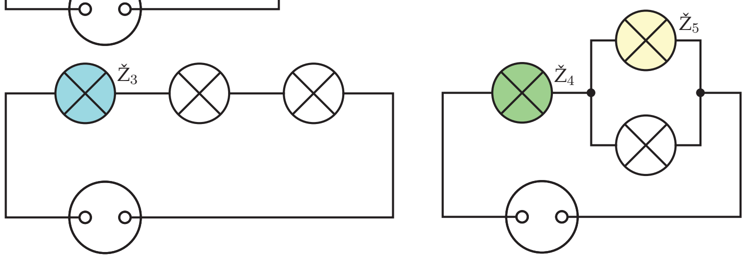
Najmanjša sila, s katero plezalec pri odrivu navzgor pritiska na steno v pravokotni smeri je 493 N.

Rešitve eksperimentalne naloge: karakteristika in moč žarnice

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



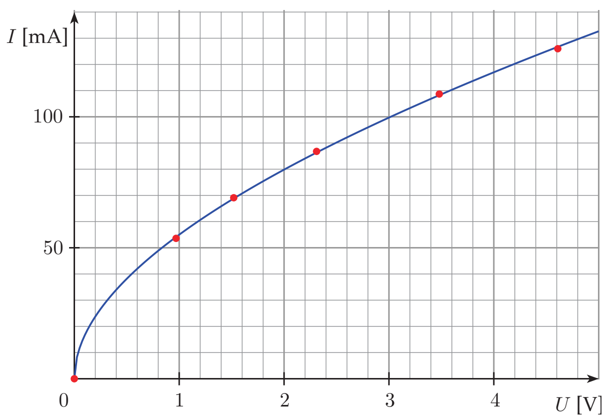
	(a)		(b)	(c)
meritev	U [V]	I [mA]	$R_\otimes$ [Ω]	$P_\otimes$ [mW]
1.	4,61	126	36,6	581
2.	2,31	86,6	26,6	200
3.	1,52	69,1	22,0	105
4.	3,48	108,7	32,0	377
5.	0,97	53,6	18,1	52



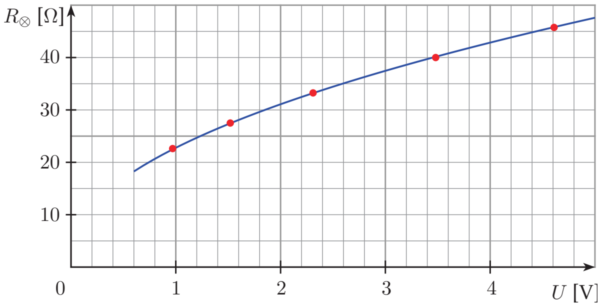
(b) Izračunani upori žarnice pri različnih napetostih na žarnicih in tokovih skozi žarnice so zapisani v 4. stolpcu tabele pri (a).

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

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

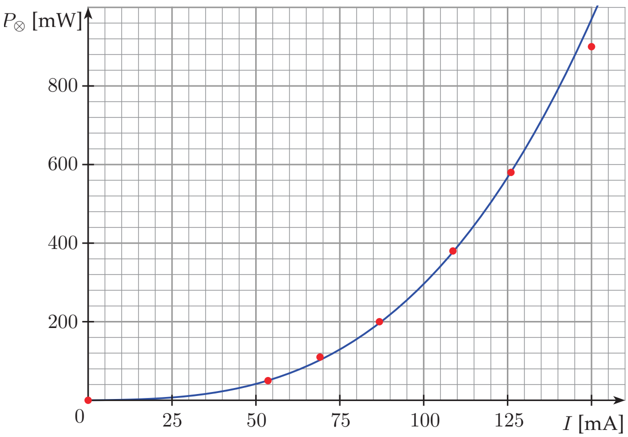


(e) Na sliki je graf, ki kaže, kako je upor žarnice odvisen od napetosti na žarnici. Vseeno je, na kateri osi je napetost in na kateri upor.

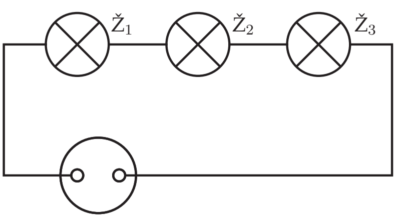


(f) Nazivna napetost žarnice je $U_n = 6$ V, nazivni tok je $I_n = 0{,}15$ mA, nazivna moč žarnice je $P_n = U_n \cdot I_n = 6\,\mathrm{V} \cdot 0{,}15\,\mathrm{mA} = 0{,}9$ W.

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

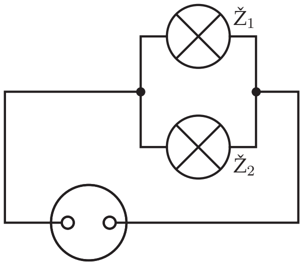


(h) Vezava 3 žarnic, pri kateri se baterija najpočasneje izprazni, je zaporedna vezava žarnic na baterijo, kot kaže slika. Skozi vse elemente v vezju teče isti tok, ki smo ga izmerili že pri (a), $I = 69{,}1$ mA. Napetosti izmerimo na vsaki žarnici posebej (če slučajno niso popolnoma enake). Rezultati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



element	U_1 [V]	I_1 [mA]	P [mW]
$Ž_1$	1,52	69,1	105
$Ž_2$	1,52	69,1	105
$Ž_3$	1,53	69,1	106
baterija	4,80	69,1	332

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



element	U_1 [V]	I_1 [mA]	P [mW]
Ž$_1$	4,00	117,0	468
Ž$_2$	4,18	117,6	492
baterija	4,57	230	1051

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

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

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

Rešitve fizikalnega tekmovanja srednješolcev Slovenije – državno tekmovanje

Rešitve I. skupine

1. *Podatki:* $m_1 = 2$ kg, $m_2 = 3$ kg, $m_p = 1$ kg, $l = 1$ m, $a = 20$ cm, $b = 30$ cm.

   a) Ravnovesje navorov; os v levem obesišču:

$$-am_1g + \left(\tfrac{1}{2}l - a\right) m_pg - \tfrac{1}{2}lF_D + \left(\tfrac{1}{2}l + b\right) m_2g = 0$$

in

$$F_D = \frac{\left(\frac{1}{2}l + b\right) m_2 + \left(\frac{1}{2}l - a\right) m_p - am_1}{\frac{1}{2}l}\, g = 45{,}1\ \mathrm{N}\ ;$$

os v desnem obesišču:

$$-\left(\tfrac{1}{2}l + a\right) m_1 g - \left(\tfrac{1}{2}l - b\right) m_p g + \tfrac{1}{2} l F_L + b m_2 g = 0$$

in

$$F_L = \frac{\left(\tfrac{1}{2}l + a\right) m_1 + \left(\tfrac{1}{2}l - b\right) m_p - b m_2}{\tfrac{1}{2}l}\, g = 13{,}7\,\mathrm{N}\,.$$

b) Pri dovolj majhnem m_2 postane F_D negativna, pri dovolj velikem pa F_L.

$$F_D \geq 0 \Longrightarrow m_2 \geq \frac{a m_1 - \left(\tfrac{1}{2}l - a\right) m_p}{\left(\tfrac{1}{2}l + b\right)} = 0{,}125\,\mathrm{kg}\,,$$

$$F_L \geq 0 \Longrightarrow m_2 \leq \frac{\left(\tfrac{1}{2}l + a\right) m_1 + \left(\tfrac{1}{2}l - b\right) m_p}{b} = 5{,}33\,\mathrm{kg}\,,$$

torej

$$0{,}125\,\mathrm{kg} \leq m_2 \leq 5{,}33\,\mathrm{kg}\,.$$

2. *Podatki:* $v_0 = 10$ m/s, $\alpha = 60°$, $h = 270$ cm, $s = 100$ cm, $h_k = 305$ cm, $h_0 = 150$ cm, $M = 600$ g, $m = 300$ g.

a)

$$v_x = v_0 \cos\alpha = 5{,}00\,\mathrm{m/s}\,.$$

Ker je končna točka na enaki višini kot začetna, je čas potovanja enak dvakratnemu dvižnemu času $t = v_0 \sin\alpha / g$ in velja

$$v_y = v_0 \sin\alpha - 2gt = -v_0 \sin\alpha = -8{,}66\,\mathrm{m/s}\,.$$

b) Vodoravno komponento hitrosti po trku dobimo iz ohranitve vodoravne komponente gibalne količine: $M v_x = (M + m) v_x'$:

$$v_x' = \frac{M}{M + m}\, v_x = 3{,}33\,\mathrm{m/s}$$

in čas potovanja do koša

$$t' = \frac{s}{v_x'} = 0{,}300\,\mathrm{s}\,.$$

c) V navpični smeri mora žoga s kepo premagati višino $h_k - h$: $h_k - h = v_y' t' - \frac{1}{2} g t'^2$, od koder dobimo potrebno hitrost v navpični smeri:

$$v_y' = \frac{h_k - h + \frac{1}{2} g t'^2}{t'} = 2{,}64\,\mathrm{m/s}\,.$$

d) Hitrost kepe tik pred trkom dobimo iz ohranitve navpične komponente gibalne količine: $mv_i + Mv_y = (m+M)v'_y$:

$$v_i = \frac{(m+M)v'_y - Mv_y}{m} = 25{,}2\ \mathrm{m/s}\,.$$

Začetna hitrost kepe pa mora biti še nekoliko večja, da premaga višinsko razliko $h - h_0$:

$$v_{0i}^2 = v_i^2 + 2g(h-h_0)\,, \qquad v_{0i} = \sqrt{v_i^2 + 2g(h-h_0)} = 25{,}7\ \mathrm{m/s}\,.$$

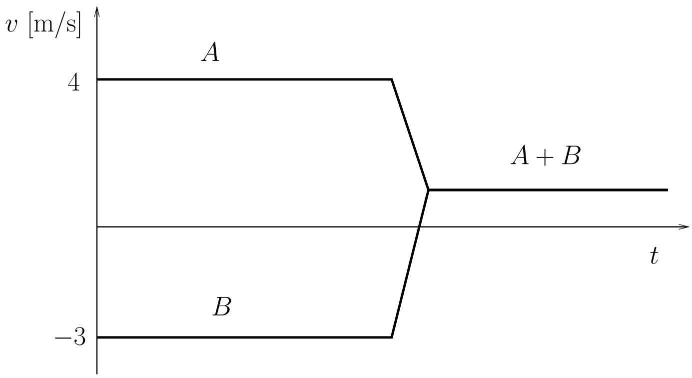
3. *Podatki:* $m = 60$ kg, $M = 120$ kg, $v_A = 6$ m/s, $v_B = -1$ m/s, $v_0 = 2$ m/s.

   a) Pri trku se ohranja gibalna količina; če označimo skupno hitrost obeh avtomobilčkov po trku z v_S, velja

$$v_S = \frac{(2m+M)v_A + (m+M)v_B}{3m+2M} = 3{,}0\ \mathrm{m/s}\,.$$

   Sprememba skupne kinetične energije je enaka

$$\Delta W = \tfrac{1}{2}(2m+M)v_A^2 + \tfrac{1}{2}(m+M)v_B^2 - \tfrac{1}{2}(2M+3m)v_S^2 = 2{,}52\ \mathrm{kJ}\,.$$



   c) Preverimo, da se gibalna količina ohranja tudi s hitrostmi, kot jih izmeri Ana:

$$(2m+M)v'_A + (m+M)v'_B = 1260\ \mathrm{kgm/s}\,, \qquad (3m+2M)v'_S = 1260\ \mathrm{kgm/s}\,.$$

   Sprememba skupne kinetične energije se tudi ne spremeni:

$$\Delta W' = \tfrac{1}{2}(2m+M){v'_A}^2 + \tfrac{1}{2}(m+M){v'_B}^2 - \tfrac{1}{2}(2M+3m){v'_S}^2 = 2{,}52\ \mathrm{kJ}\,.$$

4. *Podatki:* $a = 10$ cm, $h = 20$ cm, $m = 50$ g, $d = 5$ cm, $\rho = 1{,}3\ \mathrm{kg/m^3}$, $v = 10$ m/s.

   a)

$$M = \frac{1}{4}c\rho v^2 S(h-2d) = 0{,}052\,\mathrm{Nm}\,,$$

   kjer je $S = ah$.

b) Dobimo enačbo oblike $x^2 + 2\beta x - 1 = 0$, kjer je $\beta = (v_0/v)^2$ in $x = \sin\varphi$

$$\beta = \frac{mg}{c\rho S v^2} = \frac{v_0^2}{v^2} \quad ; \qquad v_0 = \sqrt{\frac{mg}{c\rho S}}$$

in končno $v_0 = 4{,}854$ m/s in $\beta = 0{,}2356$

$$\varphi = \arcsin\left(\sqrt{1+\beta^2} - \beta\right) = 52^\circ \,.$$

c) Desetkrat manjša hitrost da stokrat večjo vrednost $\beta = 23{,}56$.

Od tu dobimo $\varphi = 1{,}2^\circ$.

Rešitve II. skupine

1. *Podatki:* $U_0 = 3{,}00$ V, $P_0 = 240$ mW, $U_g = 6{,}00$ V

a) Nazivni upor žarnice je $R_0 = U_0/I_0 = 37{,}5\ \Omega$.

Od tu dobimo $R = R_0(P/P_0)^{1/4} = 35{,}83\ \Omega$.

Iz $U = IR = (P/U)R$ sledi za napetost na žarnici
$U = \sqrt{PR} = 2{,}677$ V$= 2{,}68$ V.

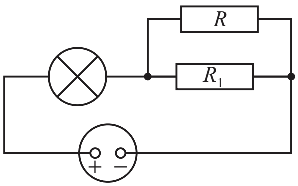
Upor R_1 izračunamo iz napetosti na uporu $U_1 = U_g - U = 3{,}323$ V in iz toka skozi upornik, ki je hkrati tok skozi celoten električni krog in je zato enak toku skozi žarnico, $I = U/R = P/U = 74{,}71$ mA.

Dobimo

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{(U_g - U)U}{P} = \frac{U_g U}{P} - R = 44{,}48\ \Omega = 44{,}5\ \Omega\,.$$

b) Žarnica, vir in upornik R_1 so vezani zaporedno, upornik R moramo vezati vzporedno k uporniku R_1.

Narisana shema:



Iz podatka o žarnici vemo, da mora biti tok skozi vir in žarnico $I' = I_0 = 80{,}0$ mA.

in napetost U' na vzporedno vezanih R in R_1 enaka $U' = U_g - U_0 = 3{,}00$ V.

Od tu dobimo za nadomestni upor R' vzporedno vezanih R in R_1 vrednost $R' = U'/I' = U_0/I_0 = R_0 = 37{,}5\ \Omega$, saj je $U_g = 2U_0$. Končno dobimo

$$R = \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1}\right)^{-1} = \frac{R_1 R_0}{R_1 - R_0} = 239{,}0\ \Omega = 239\ \Omega\,.$$

2. *Podatki:* $T_v = 22°\mathrm{C}$, $S_s = 30\ \mathrm{m}^2$, $d = 20$ cm, $\lambda = 1{,}0$ W/mK, $T_a = 10°\mathrm{C}$, $P_c = 1$ kW, $P_d = 200$ W, $T_d = 35°\mathrm{C}$.

a)

$$P_a = P_Q = S\lambda\,\frac{(T_v - T_a)}{d} = 1800\ \mathrm{W}\,.$$

b) $P_v = P_a$, $T_n = T_a$

Moče je trikrat večja kot pri idealni črpalki:

$$P_{\mathrm{el}} = 3P_v\,\frac{(T_v - T_n)}{T_v} = 220\ \mathrm{W}\,.$$

c) $P_{\mathrm{el}} = P_c$

Toplotni tok, ki ga mora črpalka črpati iz sobe pri višji temperaturi, je enak toplotnemu toku zaradi prevajanja skozi stene.

$$P_Q = S\lambda\,\frac{(T_v - T_n)}{d}\,, \qquad P_v = P_{\mathrm{el}}\,\frac{T_v}{3(T_v - T_n)} = P_Q$$

$$(T_v - T_n)^2 = \frac{P_{\mathrm{el}} T_v d}{3S\lambda}\,, \qquad T_v - T_n = 25{,}6\ \mathrm{K}\,, \quad T_n = -3{,}6\ °\mathrm{C}\,.$$

d) $P_{\mathrm{el}} = P_d$, $T_v = T_d$

Toplotni tok, ki ga mora črpalka črpati iz sobe pri *nižji* temperaturi, je enak toplotnemu toku zaradi prevajanja skozi stene.

$$P_n = P_Q = S\lambda\,\frac{(T_v - T_n)}{d}\,,$$

Toplotni tok, ki teče iz črpalke pa je večji za električno moč črpalke:

$$P_v = P_n + P_d = \frac{P_d T_v d}{3(T_v - T_n)}\,.$$

Izraz za P_n vstavimo iz prve enačbe v drugo in po preureditvi dobimo kvadratno enačbo za razliko temperatur.

$$(T_v - T_n)^2 + 2\beta(T_v - T_n) - \gamma = 0\,,$$

$$\beta = \frac{P_d d}{2S\lambda} = 0{,}67\ \mathrm{K}\,, \qquad \gamma = \frac{P_d T_v d}{3S\lambda} = 136{,}9\ \mathrm{K}^2\,.$$

$$T_v - T_n = \sqrt{\beta^2 + \gamma} - \beta = 11{,}0\ \mathrm{K}\,, \qquad T_n = 24\ °\mathrm{C}\,.$$

3. *Podatki:* $V = 4{,}0\ \mathrm{dm}^3$, $r = 1{,}0$ cm, $V_v = 0{,}50\ \mathrm{dm}^3$, $m = 100$ g, $T_0 = 100\ °\mathrm{C}$, $p_0 = 100$ kPa, $P = 25$ W, $C = 300$ J/K.

a) Dodatni tlak je posledica dodatne mase vodne pare. Prostornino vodne pare označimo V_0, $V_0 = V - V_v$. Iz plinske enačbe

$$V_0\,(p_0 + \Delta p) = \frac{(m_0 + \Delta m)RT_0}{M}$$

dobimo

$$\Delta m = \frac{V_0 \Delta p M}{RT_0} = 63{,}5\,\mathrm{mg}\,,$$

ker je $\Delta p = mg/S = mg/\pi r^2 = 3{,}12$ kPa in je m masa pokrovčka.

b) Potrebujemo toploto $Q = \Delta m q_i = P t_b$ od koder sledi

$$t_b = \frac{\Delta m q_i}{P} = 5{,}7\,\mathrm{s}\,.$$

c) Iz povečanja tlaka za $\Delta p = 3{,}12$ kPa sledi sprememba temperature vrelišča $\Delta T_v = k\Delta p = 0{,}78$ K. Tu je $k = 0{,}25$ K/kPa. Zaradi povišanja temperature je potrebno poleg izparevanja segreti še vodo in čajnik s pokrovom. Celoten čas je

$$t = t_b + \frac{(m_v c_v + C)k\Delta p}{P} = 80{,}6\,\mathrm{s}\,.$$

Vidimo, da bistveno več energije kot za večanje količine pare potrebujemo za segrevanje vode in čajnika.

4. *Podatki:* $a = 10$ cm, $d = 0{,}1$ mm, $e = 10$ nAs, $V = 12$ V, $v = 50$ cm/s.

a) V prostoru med zgornjo in notranjo ploščo dobimo ($S = a^2$):

$$E = \frac{\frac{1}{2}e}{2\varepsilon_0 S} - \frac{e}{2\varepsilon_0 S} - \frac{\frac{1}{2}e}{2\varepsilon_0 S} = -\frac{e}{2\varepsilon_0 a^2} = -5{,}6 \cdot 10^4\ \mathrm{V/m}\,.$$

Enako jakost električnega polja v smeri navzgor dobimo za polje med notranjo in spodnjo ploščo.

b)

$$U = -d\,E = 5{,}6\ \mathrm{V}\,, \qquad C = \frac{e}{U} = \frac{2\varepsilon_0 a^2}{d} = 1{,}77\ \mathrm{nF}\,.$$

c) Naboj na kondenzatorju se zmanjšuje, ker se manjša površina dela, kjer se plošče kondenzatorja prekrivajo.

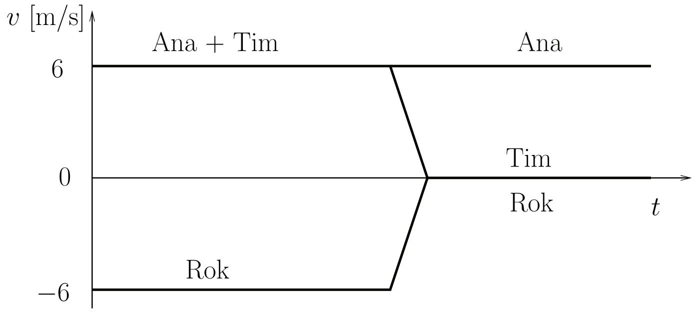
$$I = \frac{\Delta e}{\Delta t} = \frac{U 2\varepsilon_0 a \Delta s}{d \Delta t} = \frac{2\varepsilon_0 a U v}{d} = 0{,}106\ \mu\mathrm{A}\,.$$

Naboj teče od pozitivne plošče na negativno.

Rešitve III. skupine

1. *Podatki:* $v_T = 6$ m/s, $v_R = -6$ m/s, $m_T = m_R = 200$ kg.

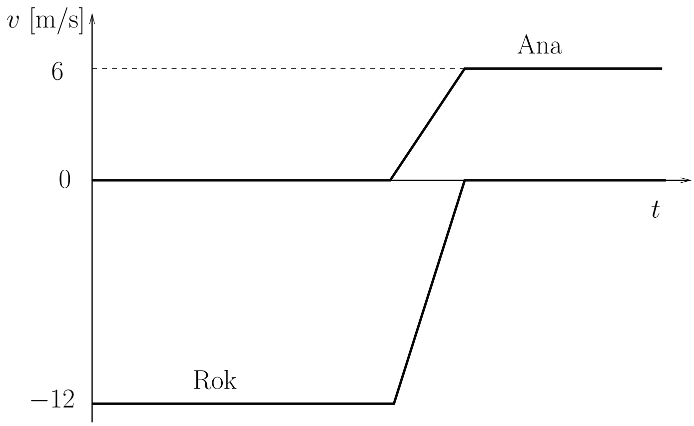
a) Hitrosti, kot jih meri Ema:



b) Po trku oba obmirujeta, vsa začetna energija gre v izgube:

$$\Delta W_E = \tfrac{1}{2} m_T v_T^2 + \tfrac{1}{2} m_R v_R^2 = 7{,}2\ \mathrm{kJ}\,.$$

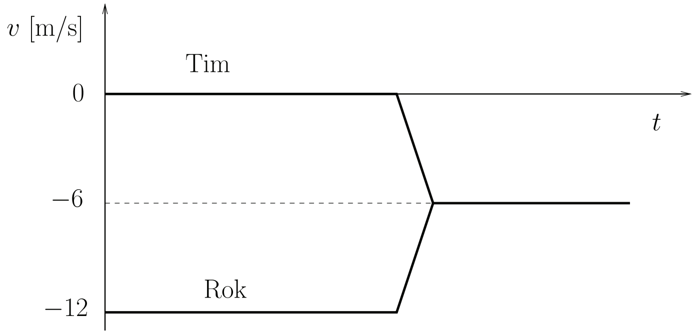
c) Hitrosti, kot jih meri Tim:



d) Pred trkom se glede na Tima giblje le Rok s hitrostjo $v'_R = v_R - v_T = -12$ m/s, po trku glede na Tima oba, Rok in Tim, obmirujeta. Za izgube Tim izračuna:

$$\Delta W_T = \tfrac{1}{2} m_R {v'_R}^2 = 14{,}4\ \mathrm{kJ}\,.$$

e) Hitrosti, kot jih meri Ana:



f) Za Ano se pred trkom giblje le Rok s hitrostjo $v'_A = v_R - v_T = -12$ m/s. Pri trku se ohrani skupna gibalna količina: $m_R v'_A = (m_R + m_T)v'_S$, $v'_s = -6$ m/s. Za Ano kinetična energija na koncu ni enaka 0, temveč $\frac{1}{2}(m_R + m_T){v'_S}^2$. Izračuna:

$$\Delta W_T = \tfrac{1}{2} m_R {v'_R}^2 - \tfrac{1}{2}(m_R + m_T){v'_S}^2 = 7{,}2\ \mathrm{kJ}\,.$$

Dobi torej enak rezultat kot Ema.

g) Napačen rezultat je dobil Tim, ker se *ni ves čas gibal enakomerno*, temveč se je v času trka gibal pojemajoče. Različni rezultati torej niso v nasprotju z Galilejevo trditvijo, saj se rezultat razlikuje le za opazovalca, ki se ni gibal premo enakomerno.

2. *Podatki:* $U_0 = 3{,}00$ V, $P_0 = 240$ mW, $U_g = 6{,}00$ V, $P = 200$ mW, $I = 90$ mA.

a) Nazivni upor žarnice je $R_0 = U_0/I_0 = 37{,}5\ \Omega$.

Od tu dobimo $R = R_0(P/P_0)^{1/4} = 35{,}83\ \Omega$.

Iz $U = IR = (P/U)R$ sledi za napetost na žarnici
$U = \sqrt{PR} = 2{,}677$ V$= 2{,}68$ V.

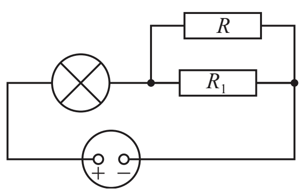
b) Upor R_1 izračunamo iz napetosti na uporu $U_1 = U_g - U = 3{,}323$ V in iz toka skozi upornik, ki je hkrati tok skozi celoten električni krog in je zato enak toku skozi žarnico, $I = U/R = P/U = 74{,}71$ mA.

Dobimo

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{(U_g - U)U}{P} = \frac{U_g U}{P} - R = 44{,}48\ \Omega = 44{,}5\ \Omega\,.$$

c) Žarnica, vir in upornik R_1 so vezani zaporedno, upornik R moramo vezati vzporedno k uporniku R_1.

Narisana shema:



Iz podatka o žarnici vemo, da mora biti tok skozi vir in žarnico $I' = I_0 = 80{,}0$ mA in napetost U' na vzporedno vezanih R in R_1 enaka $U' = U_g - U_0 = 3{,}00$ V.

Od tu dobimo za nadomestni upor R' vzporedno vezanih R in R_1 vrednost $R' = U'/I' = U_0/I_0 = R_0 = 37{,}5\ \Omega$, saj je $U_g = 2U_0$. Končno dobimo

$$R = \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1}\right)^{-1} = \frac{R_1 R_0}{R_1 - R_0} = 239{,}0\ \Omega = 239\ \Omega\,.$$

d) Iz zveze med R in P preko zveze $P = RI^2$ izpeljemo povezavo med P in I

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^4 = \frac{P^4 I_0^8}{I^8 P_0^4} \Longrightarrow P = P_0\left(\frac{I}{I_0}\right)^{\frac{8}{3}} = 328{,}6\ \text{mW} = 329\ \text{mW}\,.$$

3. *Podatki:* $a = 0{,}500$ km, $c = 4{,}50$ km/s, $c_\mathrm{L} = 5{,}50$ km/s, $c_\mathrm{T} = 3{,}30$ km/s.

a) Najmanjši $x = 0$ je za valovanje, ki gre navpično navzgor. Največji x ima valovanje, ki osnovno ploskev zapusti na robu, kjer je $\varphi_1 = \pi/4 = 45°$.

Lomni zakon

da

$$\sin\varphi_2 = \frac{c_\mathrm{L}}{c}\sin\varphi_1$$

in $\varphi_2 = 59{,}796° = 59{,}8°$. Iz geometrije hitro dobimo

$$x = a\tan\varphi_1 + a\tan\varphi_2 = a\sin\varphi_1\left(\frac{1}{\cos\varphi_1} + \frac{c_\mathrm{L}}{\sqrt{(c^2 - c_\mathrm{L}^2\sin^2\varphi_1)}}\right)$$

in

$$x(\varphi_1 = \pi/4) = x_\text{max} = a\left(1 + \frac{c_\mathrm{L}}{\sqrt{2c^2 - c_\mathrm{L}^2}}\right) = 2{,}72a = 1{,}36\ \text{km}.$$

Torej $0 \le x \le x_\text{max} = 1{,}36$ km.

Valovanje, ki gre skozi plašč in se širi v valju pod kotom blizu $\varphi_1 \approx \pi/2$, se na prehodu iz valja zanemarljivo malo lomi in doseže površje pri poljubno velikih x. Zgornja meja za x je torej ∞.
Spodnjo mejo tudi tokrat določa valovanje, ki se lomi skozi plašč valja tik pod robom zgornje osnovne ploskve, torej pri $\varphi_1 = 45°$. Ker se tokrat valovanje lomi na plašču, je rezultat lomnega zakona

$$\frac{\sin(\pi/2 - \varphi_1)}{c} = \frac{\sin(\pi/2 - \varphi_2)}{c_\mathrm{L}} = \quad\Longleftrightarrow\quad \frac{\cos\varphi_1}{c} = \frac{\cos\varphi_2}{c_\mathrm{L}}\,,$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{c_\mathrm{L}}{c}\cos\varphi_1$$

in $\varphi_2 = 30{,}204° = 30{,}2°$. Z enakim računom kot prej dobimo

$$x_{\min} = a \tan \varphi_1 + a \tan \varphi_2 = a \left(1 + \frac{\sqrt{2c^2 - c_L^2}}{c_L}\right) = 1{,}5821a = 791\,\mathrm{m} = 0{,}79\,\mathrm{km}.$$

Torej 0,79 km $= x_{\min} \leq x \leq \infty$.

Senčnih točk torej ni,

dvojne točke pa so v intervalu

$$0{,}79\ \mathrm{km} \leq x \leq 1{,}36\ \mathrm{km}.$$

b) Ker je hitrost transverzalnih valov c_T v granitu manjša od hitrosti longitudinalnih valov v apnencu c, se za transverzalne valove območji iz vprašanj a) ne prekrivata. Za valovanje, ki gre skozi osnovno ploskev dobimo

$$x(\varphi_1 = \pi/4) = x_{\max} = a \left(1 + \frac{c_T}{\sqrt{2c^2 - c_T^2}}\right) = 1{,}60645a = 803\ \mathrm{m} = 0{,}80\ \mathrm{km}.$$

Za valovanje, ki gre skozi plašča analogno dobimo

$$x_{\min} = a \tan \varphi_1 + a \tan \varphi_2 = a \left(1 + \frac{\sqrt{2c^2 - c_T^2}}{c_T}\right) = 2{,}6489a = 1324\,\mathrm{m} = 1{,}32\,\mathrm{km}$$

Torej transverzalnih valov ni v intervalu

$$0{,}80\ \mathrm{km} = x_{\max} \leq x \leq x_{\min} = 1{,}32\ \mathrm{km}.$$

Obstajajo torej le senčne točke, dvojnih točk pa ni.

c) Ko je točka opazovanja dovolj daleč, se valovanje do tja širi skoraj vzporedno s površino. Znotraj valja se v vsakem primeru širi s hitrostjo c, razdaljo $x - a$ pa prepotujejo longitudinalni valovi s hitrostjo c_L, transverzalni pa s hitrostjo c_T. Dobimo

$$x - a = c_T t_T = c_L t_L = c_T(t_L + \Delta t)$$

in od tu

$$x = a + \frac{c_L c_T}{(c_L - c_T)} \Delta t\,;$$

za $\Delta t = 6{,}00$ s dobimo razdaljo 50 km.

4. *Podatki:* $r = 0{,}524$ cm, $l = 9{,}32$ cm, $m = 11{,}53$ g, $e = 0{,}34$ As, $v = 6{,}1$ m/s.

a)

$$I = \frac{e}{t_0} = e\nu = \frac{e\omega}{2\pi}\,, \qquad B = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{\mu_0 e\nu}{2r}\,.$$

b) Za dolgo ravno tuljavo velja $B = \mu_0 NI/l$; v našem primeru nadomestimo $NI \to ev = ev/2\pi r$ in dobimo

$$B = \frac{\mu_0 ev}{2\pi rl} = 8{,}5 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{T}\,.$$

Energijo dobimo iz izraza za energijo tuljave, $W = \frac{1}{2}LI^2$, za $L = \mu_0 S/l = \mu_0 \pi r^2/l$, ali kar iz izraza za gostoto energije magnetnega polja $w = W/V = \frac{1}{2}\mu_0 B^2$ za $V = \pi r^2 l$:

$$W = \frac{\mu_0 v^2 e^2}{8\pi l} = 2{,}3\ \mu\mathrm{J}\,.$$

c) Če ne upoštevamo magnetne energije, je sprememba potencialne energije, mgh, kar enaka spremembi kinetične translacijske in rotacijske energije:

$$\tfrac{1}{2}m(v'^2 - v^2) + \tfrac{1}{2}J(\omega'^2 - \omega^2) = mgh\,.$$

Za $J = mr^2$ in $\omega = v/r$ sledi

$$m(v'^2 - v^2) = mgh\,.$$

Prišteti bi moral še spremembo magnetne energije, ki je prav tako sorazmerna s kvadratom hitrosti:

$$m(v'^2 - v^2) + \frac{\mu_0 e^2}{8\pi l}\,(v'^2 - v^2) = mg(h + \Delta h)\,.$$

Relativna napaka je torej

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{\frac{\mu_0 e^2}{8\pi l}}{m} = \frac{\mu_0 e^2}{8\pi l m} = 5{,}5 \cdot 10^{-6}\,.$$