

**Društvo matematikov, fizikov
in astronomov Slovenije**

Jadranska ulica 19
1000 Ljubljana

Tekmovalne naloge DMFA Slovenije

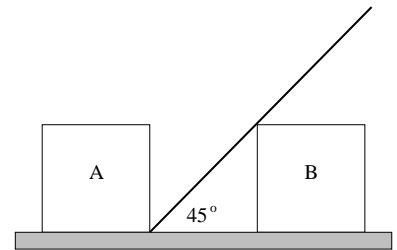
Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije dovoljuje shranitev v elektronski obliki, natis in uporabo gradiva v tem dokumentu **za lastne potrebe učenca/dijaka/študenta in za potrebe priprav na tekmovanje na šoli, ki jo učenec/dijak/študent obiskuje**. Vsakršno drugačno reproduciranje ali distribuiranje gradiva v tem dokumentu, vključno s tiskanjem, kopiranjem ali shranitvijo v elektronski obliki je prepovedano.

Še posebej poudarjamo, da **dokumenta ni dovoljeno javno objavljati na drugih spletnih straneh** (razen na www.dmfa.si), dovoljeno pa je dokument hraniti na npr. spletnih učilnicah šole, če dokument ni javno dostopen.

Skupina I

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$.

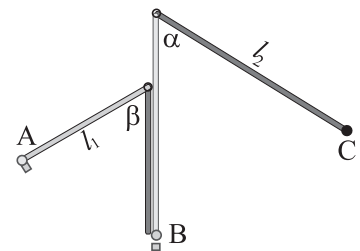
1. Na vodoravni podlagi stojita dva enaka kockasta zaboja s stranico a . Med njiju postavimo tanko togo letev z dolžino $3a$, ki je proti vodoravnici nagnjena za kot 45° (glej sliko). Desni rob zaboja A želimo privzdigniti tako, da potiskamo zgornje krajišče letve v smeri pravokotno na letev. Pri tem naj nobeden od zabojev ne zdrsne. Najmanj kolikšen mora biti koeficient lepenja med zabojema in podlago, da bo to mogoče? Sila letve na zaboj A in na zaboj B je pravokotna na letev.



2. Med vožnjo z avtobusom mladi fizik opazuje podolgovat zaslon iz svetlečih diod. Zaslon je pravokotna mreža svetlečih diod. V navpični smeri ima 7 diod, torej 7 vrstic, v vodoravni smeri pa je v eni vrstici 233 diod. Razdalja med sosednjima diodama v vodoravni smeri in med sosednjima diodama v navpični smeri je enaka. Slika na zaslonu se osvežuje po vrsticah svetlečih diod, in sicer tako, da v vsakem trenutku gorijo le svetleče diode v eni vrstici zaslona. Vrstice se osvežujejo enakomerno od spodaj navzgor. Osvežitvi vrhnje vrstice sledi spet vrstica na dnu zaslona. Znaki, s katerimi je zapisano besedilo, so pokončni (npr. črka "I" je navpična). Efekt premikanja dosežemo tako, da je po vsaki osvežitvi celotnega zaslona besedilo premaknjeno za določeno število stolpcev proti levi.

Zaslon prikazuje besedilo, ki zavzema celotno višino zaslona in se enakomerno premika z desne proti levi. Zaradi premikanja se besedilo zdi nagnjeno za 8° . Mladi fizik bi rad izračunal frekvenco osveževanja slike (to je vseh vrstic) na zaslonu. S štoparico izmeri čas, ki ga porabi določen znak besedila, da preide zaslon. Izmerjeni čas je $6,0 \text{ s}$. Kolikšna je frekvenca osveževanja slike na zaslonu?

3. Tarzan z maso 60 kg , ki drži skalo, se s prvo vrvjo z dolžino $l_1 = 8 \text{ m}$ spusti iz točke A v točko B. V točki B spusti prvo vrv, hkrati odvrže skalo tako, da prosto pada (navpično navzdol), in se oprime druge vrvi z dolžino $l_2 = 12 \text{ m}$. Koliko mora biti masa skale, da bo Tarzan ravno še prispel v točko C (glej sliko)? Vrvi sta lahki, neraztegljivi, ves čas napeti ter pravokotni na smer gibanja Tarzana. Kot $\alpha = \beta = 60^\circ$. Tarzana in skalo obravnavaj kot točkasti teles.



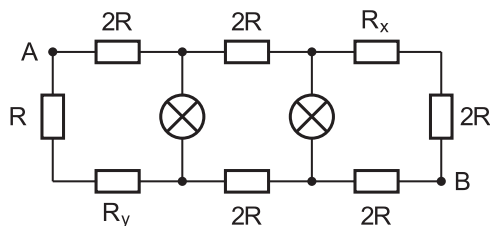
4. Premer košarkarske žoge je 24 cm , notranji premer obroča koša meri 45 cm , obroč je na višini $3,05 \text{ m}$.
 - a) Pod kolikšnim najmanjšim kotom proti vodoravnici lahko še prileteti žoga v koš, da se pri tem ne dodakne obroča?
 - b) Pod kolikšnim najmanjšim kotom mora vreči košarkar žogo na koš, da doseže koš, ne da bi se pri tem žoga dotaknila obroča? Ko žoga zapusti košarkarjeve roke je na višini $2,35 \text{ m}$, njena hitrost je 10 m/s .
 - c) Kako daleč od koša je košarkar v primeru b)? (Meče seveda tako, da gre žoga skozi koš z zgornje strani obroča.)

Koristiti ti utegne zveza $1/\cos^2 \alpha = \tan^2 \alpha + 1$.

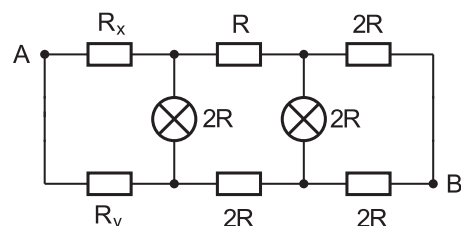
Skupina II

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$.

- Z uporniki in dvema žarnicama sestavimo vezji. Upor R je 3Ω , R_x in R_y pa sta neznan. Med točki A in B priključimo baterijo z gonilno napetostjo 36 V in zanemarljivim notranjim uporom.
 - Določi vrednosti uporov R_x in R_y v vezju na sliki a) tako, da skozi žarnici ne teče tok. (Nalogo lahko rešiš tudi s premislekom, brez računanja.)
 - Določi vrednosti uporov R_x in R_y v vezju na sliki b) tako, da bo na levi žarnici napetost 6 V , skozi desno pa ne bo tekel tok. Upor posamezne žarnice je $2R$.



a)



b)

- Zamislimo si tehtnico kot ploščati kondenzator s ploščino plošč po 1 m^2 in razmikom med ploščama 5 cm , ki je nabit z nabojem $0,74 \mu\text{As}$. Plošči sta postavljeni vodoravno, prostor med ploščama je zapolnjen s snovjo z dielektričnostjo $\epsilon = 500$ in Youngovim prožnostnim modulom 1200 N/m^2 .

Tehtnica deluje tako, da fizik položi breme na zgornjo ploščo in izmeri spremembo napetosti na kondenzatorju. Za koliko se spremeni napetost na kondenzatorju, če položi na zgornjo ploščo breme z maso 1 kg ?

Če je v kondenzatorju snov z dielektričnostjo ϵ , se kapaciteta kondenzatorja poveča za faktor ϵ v primerjavi s praznim kondenzatorjem. Influenčna konstanta je $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$.

- Gospodinja je na kuhinjski pult nenavadno previdno položila pokrovko in pri tem nehote ujela $0,1 \text{ g}$ vodne pare in nekaj zraka pri vrelišču vode 100°C . Prostornina med pokrovko in pultom je 1 dm^3 , vodoraven presek pokrovke je 3 dm^2 . Kilomolska masa vode je 18 kg/kmol . Tlak v prostoru je 1 bar .

- Kolikšen je delni tlak zraka?

Zmes se ohlaja do sobne temperature. Privzamemo, da se bo vsa vodna para kondenzirala.

- S kolikšno večjo silo od *teže* same pokrovke bi morala gospodinja dvigniti pokrovko potem, ko se temperatura zraka in vode izenačita s sobno temperaturo 25°C , če bi pokrovka popolnoma tesnila s pultom?
- Iz izolirane žice naredimo dva obroča s polmerom $R = 50 \text{ cm}$. Izolirana žica je sestavljena iz tanke prevodne žičke, ki je obdana z neprevodno plastično izolacijo z debelino $r = 0,5 \text{ mm}$, tako da je premer izolirane žice 1 mm . Obroč sta postavljena vodoravno, tako da njuni osi ležita na isti navpični premici. Zgornji obroč visi na vzmeti s prožnostnim koeficientom $k = 0,04 \text{ N/m}$, spodnji obroč je pritrjen, da se ne more premikati. Ko skozi žički obroče

ne teče električni tok, je razdalja med žičkama obeh obročev $h_0 = 1$ cm. Žički obročev sta priključeni na vir napetosti, tako da lahko skozi oba obroča teče v isti smeri enak električni tok I . Kadar teče po obročih električni tok, deluje med njima magnetna sila, ki jo zaradi majhne razdalje med obročema ($h_0 \ll R$) lahko zapišemo v enaki obliki kot silo med dvema ravnima vzporednima vodnikoma.

Najprej je tok enak nič, potem tok skozi žički obročev počasi povečujemo.

- a) Zapiši izraz za magnetno silo spodnjega obroča na zgornji obroč, ko je razdalja med žičkama obročev enaka h in po vsaki žički teče tok I .
- b) V istem grafu skiciraj odvisnost velikosti magnetne sile F_m in velikosti sile vzmeti F_v od razdalje h . Orientacijsko privzemi $I = 1$ A.
- c) Za tok $I = 1$ A poišči ravnovesne lege zgornjega obroča. Za vsako od ravnovesnih leg ugotovi, ali je stabilna ali labilna in pojasni, zakaj je takšna.
- d) Ko tok preseže neko kritično vrednost I_c , magnetna sila potegne zgornji obroč povsem do spodnjega, da se obroča dotikata. Izračunaj kritični tok I_c .

Indukcijska konstanta je $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am.

Skupina III

Kjer je potrebno, vzemi za težni pospešek vrednost $9,8 \text{ m/s}^2$.

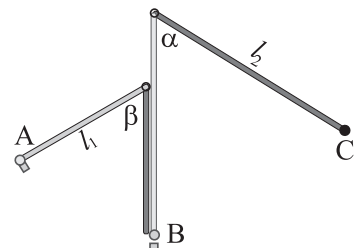
1. Fizik sedi $1,8 \text{ m}$ od prvega in $2,5 \text{ m}$ od drugega zvočnika. Zvočnika sta med seboj oddaljena 3 m in priključena na isti tonski generator.
 - a) Kolikšen je največji red ojačitve, ki jo bo fizik še slišal, če zvočnikoma povečujemo frekvenco oddajanja od neke $\nu_0 \ll \nu_{\max}$ do $\nu_{\max} = 20 \text{ kHz}$, ki je najvišja frekvenca, ki jo človeško uho še zazna?
 - b) Kolikšno frekvenco zvoka bi slišal fizik na mestu, kjer je prej sedel, če bi se peljal vzdolž pravokotnice na zveznico med zvočnikoma s hitrostjo 20 m/s proti zveznici in bi prvi zvočnik oddajal zvok s frekvenco 500 Hz , drugi pa bi bil ugasnjen? Pravokotnica poteka skozi točko, kjer je fizik prej sedel.

Hitrost zvoka v zraku je 340 m/s . Koristiti ti utegne kosinusni izrek $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$.

2. Gospodinja je na kuhinjski pult nenavadno previdno položila pokrovko in pri tem nehote ujela $0,1 \text{ g}$ vodne pare in nekaj zraka pri vrelišču vode 100°C . Prostornina med pokrovko in pultom je 1 dm^3 , vodoraven presek pokrovke je 3 dm^2 . Kilomolska masa vode je 18 kg/kmol . Tlak v prostoru je 1 bar .
 - a) Kolikšen je delni tlak zraka?

Zmes se ohlaja do sobne temperature. Privzamemo, da se bo vsa vodna para kondenzirala.

- b) S kolikšno večjo silo od teže same pokrovke bi morala gospodinja dvigniti pokrovko potem, ko se temperatura zraka in vode izenačita s sobno temperaturo 25°C , če bi pokrovka popolnoma tesnila s pultom?
3. Tarzan z maso 60 kg , ki drži skalo, se s prvo lijano z dolžino l_1 spusti iz točke A v točko B. V točki B spusti prvo lijano, hkrati odvrže skalo tako, da prosto pada (navpično navzdol), in se oprime druge lijane z dolžino l_2 . Koliko mora biti masa skale, da bo Tarzan ravno še prispel v točko C (glej sliko)? Masa prve lijane je zanemarljivo majhna, dolžina $l_1 = 8 \text{ m}$, masa druge lijane je 24 kg , dolžina pa $l_2 = 12 \text{ m}$. Lijani sta neraztegljivi, ves čas napeti (lahko ju obravnavamo kot togi telesi) ter pravokotni na smer gibanja Tarzana. Kot $\alpha = \beta = 60^\circ$. Tarzana in skalo obravnavaj kot točkasti telesi. Vztrajnostni moment palice okrog težišča je $\frac{1}{12}ml^2$.



4. Iz izolirane žice naredimo dva obroča s polmerom $R = 50 \text{ cm}$. Izolirana žica je sestavljena iz tanke prevodne žičke, ki je obdana z neprevodno plastično izolacijo z debelino $r = 0,5 \text{ mm}$, tako da je premer izolirane žice 1 mm . Obročta sta postavljena vodoravno, tako da njuni osi ležita na isti navpični premici. Zgornji obroč visi na vzmeti s prožnostnim koeficientom $k = 0,04 \text{ N/m}$, spodnji obroč je pritrjen, da se ne more premikati. Ko skozi žički obročev ne teče električni tok, je razdalja med žičkama obeh obročev $h_0 = 1 \text{ cm}$. Žički obročev sta priključeni na vir napetosti, tako da lahko skozi oba obroča teče v isti smeri enak električni tok I . Kadar teče po obročih električni tok, deluje med njima magnetna sila, ki jo zaradi majhne razdalje med obročema ($h_0 \ll R$) lahko zapišemo v enaki obliki kot silo med dvema ravnima vzporednima vodnikoma. Najprej je tok enak nič, potem tok skozi žički obročev počasi povečujemo.

- a) Zapiši izraz za magnetno silo spodnjega obroča na zgornji obroč, ko je razdalja med žičkama obročev enaka h in po vsaki žički teče tok I .
- b) V istem grafu skiciraj odvisnost velikosti magnetne sile F_m in velikosti sile vzmeti F_v od razdalje h . Orientacijsko privzemi $I = 1$ A.
- c) Za tok $I = 1$ A poišči ravnovesne lege zgornjega obroča. Za vsako od ravnovesnih leg ugotovi, ali je stabilna ali labilna in pojasni, zakaj je takšna.
- d) Ko tok preseže neko kritično vrednost I_c , magnetna sila potegne zgornji obroč povsem do spodnjega, da se obroča dotikata. Izračunaj kritični tok I_c .
- e) Recimo, da smo presegli kritično vrednost toka $I > I_c$. Zdaj začnemo tok počasi zmanjševati. Pri kolikšnem toku I_1 se zgornji obroč ne dotika več spodnjega?

Indukcijska konstanta je $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am.