

# Ispit iz fizike 1

""

– R. Končar

1. *Vlak smrti*. Mnogi zabavni parkovi sadrže vlakove smrti, jako popularne atrakcije. Jedan od najzanimljivijih dijelova je dio s lupingom – područje gdje tračnice vertikalno zavijaju za puni krug (slika).

(a) Ako vlak ima 10 vagona dužine  $l = 1.5$  m i svaki vagon može biti najviše pod kutom od  $10^\circ$  prema drugom vagonu, koliki mora biti minimalni radijus lupinga da vlak unutra uopće stane? (3 boda)

(b) Izračunaj kolika mora biti najmanja brzina vlaka kroz luping da ne ispadne sa tračnica! Kolika mora biti da putnici kada su skroz naopako imaju osjećaj kao da su i dalje čvrsto na tlu? (4 bod)

(c) Vlak nema vlastitog pogona te stoga penjući se gubi brzinu. Najveću kinetičku energiju ima prije ulaska u luping. Nacrtaaj vlak (sastoji se od 10 vagona!) u točki najmanje kinetičke energije. (2 boda)

(d) Koristeći se očuvanjem energije, b) i c) rezultatima, procijenite (pojednostavljeno) kolika mora biti brzina vlaka prije ulaska u luping da ne ispadne sa tračnica. (3 boda)

*Ukupno: 12 bodova*

2. *Put kroz središte Zemlje*. Prof. Otto Lidenbroch nailazi na svojem putovanju na bunar bez dna koji prolazi kroz cijelu Zemlju. Naravno, odluči u bunar ubaciti lopticu mase 200 g.

(a) Loptica pada u bunar i u nekom trenu se nalazi na udaljenosti  $x$  od središta Zemlje. Ukupnu silu na lopticu bilo bi jako teško izračunati iz izraza za gravitacijsku silu. Koristimo se analogijom gravitacijske sile i električne – napišite prvo formulu za gravitacijsko polje ekvivalentnu formuli za električno polje. Nakon toga napišite Gaussov zakon za gravitaciju. (4 boda)

(b) Pretpostavimo da je gustoća Zemlje (radijus  $R$ , masa  $M$ ) homogena. Koristeći se Gausovim zakonom, izvedi izraz za akceleraciju i silu loptice mase  $m$  u točki  $x$ . Kako će se ponašati loptica u bunaru? (3 boda)

(c) Napiši jednadžbu gibanja loptice  $x(t)$ . Za koje vrijeme će loptica doći do drugog kraja svijeta? Hoće li se vratiti? (3 boda)

(d) Napiši jednadžbu gibanja loptice  $x(t)$  ako promatramo samo jako kratka vremena  $t$  i pokaži da je to gibanje jednoliko ubrzano (iskoristi  $\cos z \approx 1 - z^2$  za male  $z$ ). (3 boda)

*Ukupno: 13 bodova*

3. *Bioenergija*. Ljudi koji zarađuju na tuđoj naivnosti smislili su zgodan štos za mjerenje 'bioenergije': osoba stane na gumenu podlogu i stavi ruke na dvije različite ploče, jednu od bakra, a drugu od cinka, na što voltmetar spojen na ploče paralelno s osobom pokazuje neki napon koji je, kažu, mjera bioenergije.

(a) bakrena i cinčana ploča tvore bateriju ako se između njih stavi elektrolit (osoba). Ako je teoretski napon te baterije  $V_0 = 1.1$  V, koliki će napon pokazivati idealni voltmetar? kako će se promijeniti taj napon ako osoba ne stoji na gumenoj podlozi (i zašto)? (3 boda)

(b) voltmetar naravno nije idealan, nego ga možemo zamisliti kao paralelni spoj idealnog voltmetra i otpora  $R_0$ . Ako je otpor osobe  $R$ , nacrtaj ekvivalentni krug koji čine osoba, voltmetar i idealna bakar-cink baterija. (3 boda)

(c) napiši Kirchhoffove zakone zakrug iz (b) i nađi napon koji pokazuje voltmetar u ovisnosti o  $V_0$ ,  $R_0$  i  $R$ . Skiciraj ovisnost napona o otporu osobe  $R$ , za fiksni  $R_0$ . (4 boda)

*Ukupno: 10 bodova*

4. *Dijamagnetizam*. U ovom zadatku ćemo se baviti najjednostavnijim mogućim modelom magnetskog odziva nekog materijala, u kojem se promatra kako vanjsko polje djeluje na elektrone koji kruže oko jezgara. Zamislite dakle elektron-kuglicu kako kruži oko jezgre naboja  $e$ , na udaljenosti  $a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/me^2$  (gdje je  $\hbar$  reducirana Planckova konstanta, a  $m$  masa elektrona).

(a) smatrajući elektron klasičnom nabijenom kuglicom (naboja  $-e$ ), napiši silu na njega i nađi njegovu kutnu i linearnu brzinu oko jezgre. (2 boda)

(b) izračunaj period ophoda elektrona i nađi magnetski moment atoma s elektrom, smatrajući ga za strujnu petlju. (2 boda)

(c) atom stavimo u konstantno i homogeno vanjsko polje  $B$ , tako da je smjer polja okomit na ravninu u kojoj kruži elektron. Skiciraj (sve) sile na elektron. (3 boda)

(d) uzimajući u obzir i Coulombovu i magnetsku silu na elektron, nađi njegovu brzinu ako je udaljenost od jezgre ostala ista nakon uključivanja polja. (4 boda)

(e) nađi magnetski moment atoma u polju i odredi razliku između momenta u polju i bez polja,  $\Delta\mu$ , pretpostavivši da je magnetsko polje malo (upotrijebi poznatu relaciju  $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$  za male  $x$ ). Napiši atomsku susceptibilnost, definiranu preko  $\Delta\mu = \chi_{at}B$ . (4 boda)

*Ukupno: 15 bodova*