

IZBIRNO TEKMOVANJE ZA OLIMPIJSKO EKIPO
Ljubljana, 6. 5. 2011

Na listu so 3 naloge, čas reševanja nalog je 120 minut.

1. Gibanje in odboj vrteče žogice

V nalogi opazujemo let žogice za namizni tenis in odboj žogice od vodoravne mize za namizni tenis. Masa žogice je $m = 2,5$ g, polmer žogice je $r = 2,0$ cm. Vztrajnostni moment tanke krogelne lupine z maso m in polmerom r je $J = \frac{2}{3}mr^2$. Za vrednost težnega pospeška vzemi $9,8$ m/s².

Let žogice pred odbojem snemamo s kamero, ki posname 1000 posnetkov na sekundo. Iz meritev lege žogice izračunamo trenutne hitrosti žogice v vodoravni (x) in navpični (y) smeri. Os y štejeemo pozitivno v smeri navzgor, smer x pa v smeri vodoravnega gibanja žogice. Žogica se med letom vrti okoli vodoravne osi, ki je pravokotna na smer hitrosti. Vrti se *naprej*, torej je smer vrtenja taka, kot bi bila, če bi se žogica kotalila po klancu v smeri hitrosti težišča. Kotna hitrost vrtenja pred odbojem je $\omega = 600$ s⁻¹.

Hitrosti žogice za čase pred trkom so zbrane v tabeli.

t [ms]	v_x [m/s]	v_y [m/s]	t [ms]	v_x [m/s]	v_y [m/s]	t [ms]	v_x [m/s]	v_y [m/s]
-10	9,128	-3,822	-6	9,070	-3,888	-2	9,030	-3,966
-9	9,121	-3,849	-5	9,064	-3,916	-1	9,017	-3,981
-8	9,106	-3,871	-4	9,051	-3,935	0	9,000	-4,000
-7	9,099	-3,882	-3	9,046	-3,943			

- a) Za vsako komponento hitrosti nariši graf $v(t)$ in iz grafa določi pospeška a_x in a_y v obeh smereh. Pri risanju bodi pozoren na primerno izbiro enot na obeh oseh, da boš lahko dobro določil pospešek. [4 točke]

Med gibanjem žogice nanjo deluje tudi sila upora F_u in tako imenovana Magnusova sila F_m , ki se pojavi pri gibanju vrteče se žogice skozi zrak. Sila upora je po velikosti enaka

$$F_u = \frac{1}{2}c_u\rho v^2 S ,$$

kjer je c_u brezdimenzijski koeficient upora, odvisen od oblike telesa, $\rho = 1,2$ kg/m³ gostota zraka, v velikost hitrosti in S prečni presek telesa. Smer sile upora je nasprotna smeri hitrosti. Magnusova sila je po velikosti enaka

$$F_m = c_m m \omega v ,$$

kjer je c_m brezdimenzijski Magnusov koeficient, m masa telesa, ω kotna hitrost vrtenja telesa in v velikost hitrosti telesa. Smer Magnusove sile je pravokotna na os vrtenja in na smer hitrosti telesa. Za naše podatke ima navpična komponenta Magnusove sile smer težnega pospeška.

Kljub temu, da se hitrost s časom spreminja, opazujemo žogico le v času tik pred odbojem, zato so spremembe hitrosti majhne in lahko v vsej nalogi privzamemo, da so vrednosti hitrosti pred odbojem enake hitrostim ob času, ko se žogica dotakne mize, to je ob času $t = 0$.

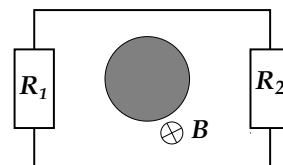
- b) Nariši žogico med letom in vse sile, ki delujejo na žogico. Pri tem bodi posebej pozoren na smeri sil. Na sliko nariši tudi smer hitrosti in smer vrtenja žogice. [1 točka]
- c) Kolikšen je kot φ (merjen od vodoravnice), pod katerim leti žogica? S pospeškoma a_x in a_y iz vprašanj a) ter kotom φ izrazi velikost sile upora F_u in Magnusove sile F_m . [3 točke]
- d) Kolikšni sta vrednosti koeficienta upora c_u in Magnusovega koeficienta c_m ? [2 točki]

Takoj po odboju je vodoravna komponenta hitrosti žogice enaka $v_x = 10$ m/s, navpična komponenta hitrosti žogice pa je enaka $v_y = 3,5$ m/s.

- e) V katero smer kaže sila trenja med žogico in mizo? Pojasni odgovor. [1 točka]
- f) Kolikšen je koeficient trenja med žogico in mizo?
Namig: Zapiši izrek o gibalni količini med trajanjem odboja. [2 točki]
- g) Kolikšna je kotna hitrost vrtenja žogice po odboju? [2 točki]

2. Indukcija v električnem vezju

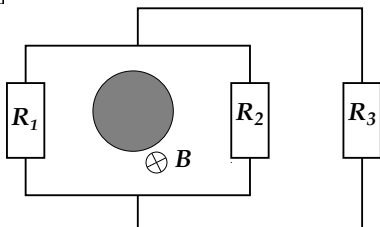
Upornika $R_1 = 30 \, \Omega$ in $R_2 = 90 \, \Omega$ vežemo v krog, kot kaže slika 2a. Znotraj kroga je tuljava s presekom $12 \, \text{cm}^2$, ki ustvari homogeno magnetno polje, pravokotno na ravnino električnega kroga. Polje v času $1 \, \text{ms}$ enakomerno naraste od vrednosti 0 na $1 \, \text{T}$ in kaže v list.



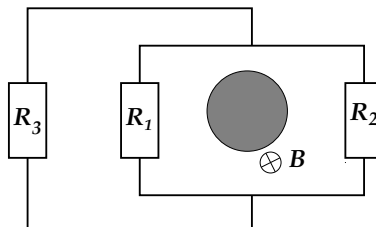
Slika 2a

- a) Kolikšen tok steče po vezju? Določi smer tok skozi upornik R_2 (navzgor ali navzdol). [2 točki]

- b) Kolikšen tok steče skozi upornik $R_3 = 270 \, \Omega$ na sliki 2b) in kolikšen skozi isti upornik na sliki 2c)? [3 točke]

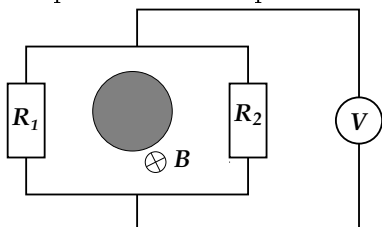


Slika 2b

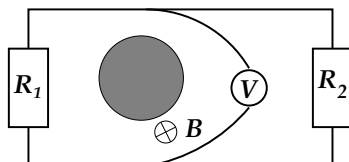


Slika 2c

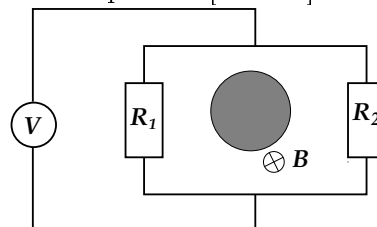
- c) Voltmeter z velikim notranjim uporom vežemo med isti dve točki v vezju, tako kot kažejo slike 2d, 2e, 2f. Na podlagi razmisleka pri reševanju naloge pri b) ugotovi, kolikšno napetost kaže voltmeter v prikazanih treh primerih. Ali voltmeter kaže v vseh primerih enako napetost? [3 točke]



Slika 2d



Slika 2e



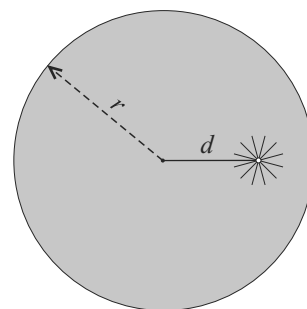
Slika 2f

3. Svetilo v stekleni krogli

V notranjosti steklene kroglice s polmerom $r = 8 \, \text{cm}$ in lomnim kvocientom $n = 1,5$ je točkasto svetilo (glej sliko).

- a) Kolikšen del svetlobnega toka, ki ga oddaja svetilo, se bo popolno (totalno) odbijal od površja steklene kroglice, če se svetilo nahaja na robu kroglice (še vedno pa je v notranjosti kroglice)? [3 točke]
- b) V kolikšni najmanjši oddaljenosti d od središča kroglice se mora nahajati svetilo, da se bo del svetlobnega toka popolno odbijal od površja kroglice? [4 točke]

Namig: Ugotovi, pod kolikšnim kotom glede na vodoravnico mora izhajati žarek svetlobe iz izvira, da bo vpadni kot največji.



Opomba: Površina krogelne kapice z višino v in radijem kroglice r je $2\pi r v$. Sinusni izrek: $\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b}$.