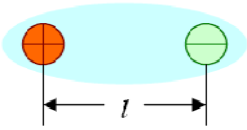
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2010/11 – 8. ožujka 2011.
Srednje škole – 3. skupina

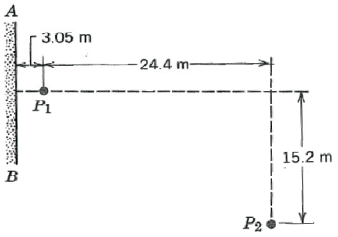
Zadatak 1 (10 bodova)

Polarna molekula može se zamisliti kao sustav dvije točkaste mase s fiksnom međusobnom udaljenošću, a koje nose naboje jednakog iznosa i suprotnih predznaka. (Slika.) Ovakva molekula stavljena je u jednoliko električno polje jakosti E = 300 V/cm. Prosječna duljina molekule je l = 10^{-24} m, iznos naboja je $e = 1.6\times10^{19}$ C. Nađite period oscilacija molekule u polju.



Zadatak 2 (10 bodova)

Izvor sfernih zvučnih valova nalazi se na položaju $P1$, blizu reflektirajućeg zida AB, dok se mikrofon nalazi na položaju $P2$. Frekvencija izvora zvuka je promjenjiva. Nađite dvije najniže frekvencije za koje će intenzitet zvuka, opažen na položaju $P2$, biti maksimalan. **NE** dolazi do promjene faze kod refleksije na zidu; upadni kut vala jednak je kutu refleksije. Brzina zvuka u zraku je 343 m/s.



Zadatak 3 (10 bodova)

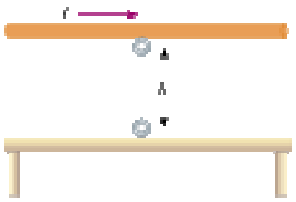
Da bi napravio reklamu za svoj posao, poljoprivrednik Ivek odlučio je sagraditi gigantski model bundeve mase 1 tone. Za početak je napravio maleni (skalirani) model mase 0.1 kg koji je postavio na 4 drvena štapa. Ivek namjerava koristiti sve jednake materijale za izradu svog gigantskog modela. *a*) Da bi dobio istu jakost, u odnosu na težinu bundeve, koliko deblji (tj. koliko veći promjer mora biti štapova koji nose veliki modela u odnosu na manji) moraju biti štapovi na modelu pune veličine? *b*) Da bi obojao maleni model, Iveku je potrebno 10 mL narančaste boje. Koliko boje mu je potrebno za bojanje velikog modela? *c*) Za podizanje svog modela bundeve mase 1 tone Ivek koristi klackalicu koja, kada je u ravnoteži, ima visinu oko 2 m. Ukoliko posjeduje opeke ukupne mase 450 kg i želi ih upotrijebiti kao kontra-uteg na jednoj strani klackalice, koliki mora biti omjer udaljenosti (od «bundeve» do uporišta : od opeke do uporišta) da bi «bundevu» uspješno podigao na visinu od najmanje 2 m?

Zadatak 4 (10 bodova)

U elektronskom topu televizora napon V ubrzava elektrone (mase m i naboja $-q$). Nakon što napusti top, snop elektrona prelazi udaljenost D do ekrana; u ovom području postoji transverzalno magnetsko polje jakosti B, dok električnog polja nema. Udaljenost D malena je u usporedbi s radijusom putanje koje elektroni opisuju u magnetskom polju jakosti B. *a*) Koliko će biti odstupanje elektrona u odnosu na prvobitni smjer elektrona (nakon izlaska iz elektronskog topa) u trenutku udara u ekran? Skicirajte! *b*) Koliko je odstupanje u slučaju V = 750 V, D = 50 cm i $B = 5\times10^5$ T. Da li je ovo odstupanje značajno? (Uputa: vrijedi $\sqrt{1-x} \approx 1-\frac{1}{2}x$ za malene x.)

Zadatak 5 (10 bodova)

Metalni prsten polumjera 0.5 cm nalazi se upravo ispod ravne dugačke žice kojom teče električna struja od 10 A. Prsten se nalazi h = 0.5 m iznad vrha stola (slika). *a*) Ukoliko prsten počne padati (iz stanja mirovanja) koliki je iznos prosječne inducirane elektromotorne sile od trenutka kada je počeo padati dok ne padne na stol? Pretpostavite da je magnetsko polje gotovo konstantno po cijeloj površini prstena, i da je jednako magneskom polju u njegovom središtu. *b*) Koji je smjer inducirane struje u prstenu?



ISPRAVKE

1. zadatak

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C
Priznati kao krajnje točan zadatak izraz za period titranja bez brojevne vrijednosti !

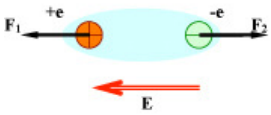
4. zadatak

$B = 5 \cdot 10^{-5}$ T .

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2010/11 – 8. ožujka 2011.
Srednje škole – 3. skupina – rješenja i bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)

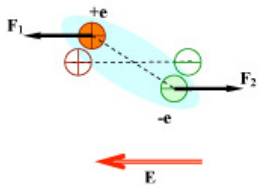
U položaju stabilne ravnoteže polarizirana molekula, ili dipol, uvijek je orijentirana uzduž linija električnog polja (slika). **[1 bod]**



Ukoliko se molekula malo pomakne iz položaja ravnoteže, pojavljuju se momenti električnih sila $\mathbf{F}_1$ i $\mathbf{F}_2$ kao što je prikazano na slici. **[1 bod]**

Ovaj moment rotira dipol oko centra mase i pokušava vratiti molekulu u položaj ravnoteže. **[1 boda]**

Ukoliko naboje gledamo zasebno, sile $\mathbf{F}_1$ i $\mathbf{F}_2$ se ponašaju kao povratne sile za dva jednostavna njihala duljine $l/2$. **[2 boda]**



Time se period oscilacija svakog naboja može napisati u obliku:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2a}}\,,$$ **[1,5 bod]**

gdje je akceleracija pojedinog naboja u električnom polju. Prema drugom Newtonovom zakonu vrijedi $\vec{a} = \vec{F}/m$.

U električnom polju je $\vec{F}_1 = e\vec{E},\ \vec{F}_2 = -e\vec{E}.$ **[1,5 bod]**

Nakon uvrštavanja akceleracije u izraz za period titranja dobiva se rješenje:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{lm}{2eE}} \approx 2\cdot 10^{-11}\ \text{s}.$$ **[2 boda]**

Zadatak 2 (10 bodova)

Maksimalna amplituda biti će postignuta kada val koji dolazi izravno iz P_1 i reflektirani val dođu u položaj $P2$ u fazi i konstruktivno interferiraju. **[1 bod]**

Označimo udaljenosti koju je prešao izravan val d_1, a onu koju je prešao reflektrirani val s d_2.

Najveća valna duljina za koju dolazi do konstruktivne interferencije ova dva vala je u slučaju kada je d_1 jednak n polovina valnih duljina, a d_2 jednak n+2 polovina valnih duljina (kada bi ih bilo n+1 onda bi došlo do destruktivne interferencije):

$$n\frac{\lambda_1}{2} = d_1,$$ **[1,5 bod]**

gdje je λ_1 tražena najveća valna duljina, i

$$(n+2)\frac{\lambda_1}{2} = d_2.$$ **[1,5 bod]**

Iz toga dobivamo $\dfrac{2d_1}{n} = \dfrac{2d_2}{n+2} \quad\Rightarrow\quad n = \dfrac{2d_1}{d_2 - d_1}.$ **[1 bod]**

Uvrštavanjem ovog izraza u početnu jednadžbu dobiva se $\lambda_1 = d_2 - d_1$. Iz toga proizlazi za frekvenciju f_1:

$$f_1 = c\lambda = \frac{c}{d_2 - d_1} = \frac{343}{d_2 - d_1},$$ **[1 boda]**

gdje je c brzina zvuka.

Udaljenosti su $d_1 = \sqrt{24.4^2 + 15.2^2}$ m i $d_2 = \sqrt{(24.4 + 2\cdot 3.05)^2 + 15.2^2} = 34.43$ m.

[1,5 bod]

Iz ovoga je f_1 = 64.3 Hz. **[1 bod]**

Na jednaki način, sljedeća najviša frekvencija može se izračunati upotrebom prve jednadžbe i uvjeta $(n+4)\frac{\lambda_2}{2} = d_2$, tj. $n = \frac{4d_1}{d_2 - d_1}$, i $\lambda_2 = (d_2 - d_1)/2$. **[1 bod]**

Prema tome, sljedeća najviša frekvencija koja daje maksimalnu amplitudu na položaju P_2 je f_2 = 128.7 Hz. **[0,5 bod]**

Zadatak 3 (10 bodova)

a) Masa velikog modela = 10000 × masa malog modela.
Dakle, da bi se dobila jednaka relativna jakost, nužno je da je poprečni presjek površine 10000 puta veće nego što je to kod štapova na malenom modelu.
[1,5 bod]

Označimo površinu poprečnog presjeka štapa na kojima stoji maleni model s A_{mal}, a kod velikog modela A_{vel}.
$A_{vel} = 10000\, A_{mal}$

$1/4\,\pi (r_{vel})^2 = 10000\, 1/4\, (r_{mal})^2$, **[1 bod]**

gdje su r_{vel} i r_{mal} polumjeri štapova na kojima stoji veliki, odnosno maleni model.
$r_{vel} = 100\, r_{mal}$
Dakle, Ivek mora nabaviti štapove koji su 100 puta deblji (njihov polumjer mora biti 100 puta veći od polumjera štapova na kojima stoji mali model). **[1 bod]**

b) Masa je proporcionalna obujmu, a koji je proporcionalan površini$^{3/2}$ (drugom korijenu površine na treću potenciju). **[1 bod]**
Iz toga slijedi

$$\frac{(m_{vel})^{2/3}}{(m_{mal})^{2/3}} = \frac{A_{vel}}{A_{mal}} = \left(\frac{1000\,\text{kg}}{0.1\,\text{kg}}\right)^{2/3}.$$ **[1 bod]**

Dakle, površina velikog modela je 464 puta veća od površine malog modela. Iz toga je jasno da će Iveku biti potrebno 4.64 L boje. **[1,5 bod]**

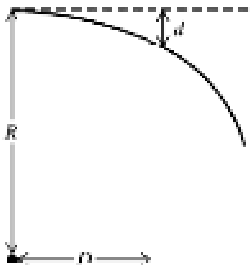
c) Masa opeka je jednaka 9/20 mase velikog modela.
Zbroj zakretnih momenata mora biti jednak nuli u ravnoteži, tako da:

$d_{opeke} \cdot m_{opeke} \cdot g - d_{vel} \cdot m_{vel} \cdot g = 0,$ **[1,5 bod]**

gdje su d_{opeke} i d_{vel} udaljenosti opeka i i velikog modela od potpornja.
Prema tome, opeke se moraju nalaziti na udaljenosti od potpornja 2.22 puta većoj od udaljenosti modela. **[1,5 bod]**

Zadatak 4 (10 bodova)

a) Elektroni se gibaju po kružoj putanji u homogenom magnetskom polju.
Jednadžba putanje je $x^2 + y^2 = R^2$. Kod udara u ekran, elektron se nalazi na sljedećem položaju:
$x = D \;\Rightarrow\; y_1 = \sqrt{R^2 - D^2}$. **[1 bod]**
Elektron koji ne bio bio otklonjen, nalazio bi se na položaju x = D, $y_2 = R$. **[0,5 bod]**
[skica 1 bod]



Dakle, otklon elektronskog snopa je:

$$d = y_2 - y_1 = R - \sqrt{R^2 - D^2} = R - R\sqrt{1 - \frac{D^2}{R^2}}.$$ **[1,5 bod]**

Budući da je D malen vrijedi aproksimacija $d \approx R\left[1 - \left(1 - \frac{1}{2}\frac{D^2}{R^2}\right)\right] = \frac{D^2}{2R}.$

[1 bod]

Za elektron koji se kreće u homogenom magnetskom polju vrijedi $R = \frac{mv}{qB}.$

[0,5 bod]

Brzina se može izračunati iz izraza $\frac{1}{2}mv^2 = qV$, **[0,5 bod]**

tako da je $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}.$ **[0,5 bod]**

Otklon snopa je tada $d \approx \frac{D^2 B}{2}\sqrt{\frac{e}{2mV}}.$ **[1,5 bod]**

b) $d = \frac{0.5^2 \cdot 5 \times 10^{-5}}{2}\sqrt{\frac{1.6 \times 10^{-19}}{2 \cdot 9.11 \times 10^{-31} \cdot 750}} = 0.067\,\text{m} = 6.7\,\text{m}.$ **[1 bod]**

d je cca. 13% vrijednosti D, što je dosta značajno. **[1 bod]**

Zadatak 5 (10 bodova)

Za iznos inducirane elektromotorne sile koristimo izraz $\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, s $N = 1$.

[1 bod]

Neka je a = 0.005 m polumjer prstena i h = 0.5 m,

$$\Delta\Phi = B_2 A - B_1 A = A\left(B_2 - B_1\right) = \pi^2 a\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi(h+a)} - \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\right) = \frac{-\mu_0 a h I}{2(h+a)}.$$ **[2 boda]**

Vrijeme koje je potrebno da bi prsten pao na stol (iz stanja mirovanja) je $\Delta t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. **[2 boda]**

Uvrštavanjem tog i prethodnog izraza u izraz za induciranu elektromotornu silu dobivamo:

$$\varepsilon = \frac{\mu_0 a h I}{2(h+a)}\sqrt{\frac{g}{2h}} = \frac{\mu_0 a I}{2(h+a)}\sqrt{\frac{gh}{2}}.$$ **[1,5 bod]**

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti numerička vrijednost je:

$$\varepsilon = \frac{4\pi \times 10^7 \cdot 5 \times 10^{-3} \cdot 10}{2(0.5 + 0.005)}\sqrt{\frac{9.8 \cdot 0.5}{2}} = 97.4\,\text{nV}.$$ **[1,5 bod]**

b) Budući da se magnetski tok kroz prsten (u ravninu papira) smanjuje s vremenom, električna struja će teči prstenom tako da bi se protivila ovom smanjenju. Dakle, struja će teči u smjeru suprotnom kazaljci na satu. **[2 boda]**