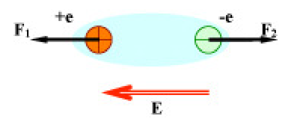
ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2010/11 – 8. ožujka 2011.
Srednje škole – 3. skupina – rješenja i bodovanje

Zadatak 1 (10 bodova)

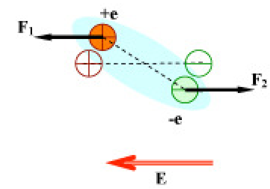
U položaju stabilne ravnoteže polarizirana molekula, ili dipol, uvijek je orijentirana uzduž linija električnog polja (slika). **[1 bod]**



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 reflektirani 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

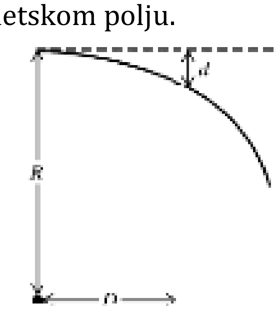
$$\frac{(m_{vel})^{2/3}}{(m_{mal})^{2/3}} = \frac{A_{vel}}{A_{mal}} = \left(\frac{1000\,\text{kg}}{0.1\,\text{kg}}\right)^{2/3}.$$ **[1 bod]**

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:
$x = D \quad \Rightarrow \quad y_1 = \sqrt{R^2 - D^2}$. **[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) $d = \frac{0.5^2 \cdot 5\times10^{-5}}{2}\sqrt{\frac{1.6\times10^{-19}}{2\cdot 9.11\times10^{-31}\cdot 750}} = 0.067\,\mathrm{m} = 6.7\,\mathrm{m}.$ **[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,

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

$$\varepsilon = \frac{4\pi\times10^{7}\cdot 5\times10^{-3}\cdot 10}{2(0.5+0.005)}\sqrt{\frac{9.8\cdot 0.5}{2}} = 97.4\,\mathrm{nV}.$$ **[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]**