

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Poreč, 8. - 11. svibnja 2008.

Srednje škole – 3. grupa
Rješenja

1. zadatak (18 bodova)

Naboj na kondenzatoru mijenja se na sljedeći način: $q = q_m \cos \omega t$, [1 bod]

gdje je $\omega^2 = \frac{1}{LC}$, a C je trenutni kapacitet kondenzatora (S je površina ploča),

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{y}. \quad [2 \text{ boda}]$$

y je udaljenost među pločama. Budući da se frekvencija oscilacija povećala η puta, vrijednost ω^2 mijenja se η^2 puta. Budući da je $\omega^2 = \frac{y}{\epsilon_0 S L}$, tako se i udaljenost među pločama mijenja s y_0 na $\eta^2 y_0$. [2 boda]

Napon na kondenzatoru je: $V = \frac{q_m}{C} \cos \omega t = \frac{y q_m}{\epsilon_0 S} \cos \omega t$. [2 boda]

Električno polje među pločama kondenzatora je: $E = \frac{q_m}{\epsilon_0 S} \cos \omega t$. [2 boda]

Tada je sila na ploče kondenzatora: $F = \frac{q_m^2}{\epsilon_0 S} \cos^2 \omega t$. [2 boda]

Budući da je sila uvijek pozitivna, a ploče se polako razdvajaju možemo uzeti prosječnu silu:

$$\bar{F} = \frac{q_m^2}{2\epsilon_0 S}. \quad [2 \text{ boda}]$$

Učinjeni rad je $A = \bar{F}(\eta^2 y_0 - y_0) = (\eta^2 - 1) \frac{q_m^2 y_0}{2\epsilon_0 S}$. [2 boda]

$$\frac{q_m^2 y_0}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_m^2}{2C_0} = W, \text{ početna energija.} \quad [2 \text{ boda}]$$

Očito je da vrijedi $A = (\eta^2 - 1)W = 3W$. [1 bod]

2. zadatak (17 bodova)

a) Magnetska sila po jedinici dužine između dvije paralelne duge žice je:

$$\frac{F}{L} = IB = \frac{\mu_0}{2\pi d} I^2 =, \quad [2 \text{ boda}]$$

$$= \frac{\mu_0}{2\pi d} \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{\mu_0}{4\pi d} \left(\frac{V}{R} \right)^2 = \quad [2 \text{ boda}]$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi d} \left(\frac{Q_0}{RC} \right)^2 \quad [2 \text{ boda}]$$

gdje je $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ efektivna vrijednost električne struje za kratko vrijeme izboja.

$$\frac{F}{L} = \frac{m}{L} a = \lambda a = \frac{\mu_0}{4\pi d} \left(\frac{Q_0}{RC} \right)^2 \Rightarrow a = \frac{\mu_0 Q_0^2}{4\pi \lambda d R^2 C^2}. \quad [3 \text{ boda}]$$

$$v_0 = at = aRC = \frac{\mu_0 Q_0^2}{4\pi \lambda d RC}. \quad [3 \text{ boda}]$$

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Poreč, 8. - 11. svibnja 2008.

b) $v_0 = \frac{\mu_0 (CV)^2}{4\pi\lambda dRC} = \frac{\mu_0 CV^2}{4\pi\lambda dR} = \frac{\mu_0 (2.5 \times 10^{-6})(3000)^2}{4\pi(4.5 \times 10^{-3})(0.03)(0.048)} = 0.347 \text{ m/s}.$ [2 boda]

c) Visina do koje se dići žice (u odnosu na početnu visinu):

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} = 6.14 \times 10^{-3} \text{ m} \quad [3 \text{ boda}]$$

2. zadatak (18 bodova)

Kutna količina gibanja sačuvana je za vrijeme neelastičnog sudara, odnosno:

$$Mva = I\omega \quad [3 \text{ boda}]$$

$$\omega = \frac{Mva}{I} = \frac{3v}{8a}. \quad [2 \text{ boda}]$$

Uvjet da bi kocka pala preko ruba stola je da njen centar mase dosegne svoju maksimalnu visinu dok kocka rotira, $h_{\max} = a\sqrt{2}$. [4 boda]

Koristeći zakon očuvanja energije:

$$\frac{1}{2}I\omega^2 = Mg(a\sqrt{2} - a), \quad [3 \text{ boda}]$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{8Ma^2}{3}\right)\left(\frac{3v}{8a}\right)^2 = Mg(a\sqrt{2} - a), \quad [2 \text{ boda}]$$

$$v^2 = \frac{16}{3}ga(\sqrt{2} - 1), \text{ i konačno,} \quad [2 \text{ boda}]$$

$$v = 4\left[\frac{ga}{3}(\sqrt{2} - 1)\right]^{1/2} = 1.47 \text{ m/s.} \quad [2 \text{ boda}]$$

4. zadatak (17 bodova)

a. Smanjenje potencijalne energije ($\Delta < 0$) znači da se kinetička energija povećava. U sustavu centra mase dva vodikova atoma ukupni impuls je nužno nula, i nakon što se atomi spoje i imaju zajedničku brzinu ta brzina mora imati iznos nula, što je u kontradikciji s uvjetom da se kinetička energija povećava.

[7 bodova]

b. Početni impuls je nula prije sudara, i mora biti nula nakon sudara. Označimo početnu brzinu s v_0 , konačnu brzinu vodikovog atoma s v , konačnu brzinu vodikove molekule s V , masu vodikovog atoma s m , i masu vodikove molekule s $2m$. Nakon sudara, dvije čestice moraju se gibati u suprotnim smjerovima, i to tako da se sačuva impuls $v = 2V$. Iz zakona očuvanja energije imamo:

$$\frac{1}{2}(2m)V^2 - \Delta + \frac{1}{2}mv^2 = 3\frac{1}{2}mv_0^2, \quad [3 \text{ boda}]$$

$$mV^2 - \Delta + 2mV^2 = \frac{3}{2}mv_0^2, \quad [2 \text{ boda}]$$

$$V^2 = \frac{v_0^2}{2} + \frac{\Delta}{3m}, \quad [2 \text{ boda}]$$

iz čega proizlazi $V = 1.203 \times 10^4 \text{ m/s}$, a brzina vodikovog atoma je $v = 2.41 \times 10^4 \text{ m/s}$. [3 boda]