OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 23. siječnja 2013.

Srednje škole – 3. skupina

Zadatak 1. (10 bodova)

Elektron ima brzinu 1.2×10^4 m/s (u pozitivnom smjeru osi x), i akceleraciju 2×10^{12} m/s^2 (u pozitivnom smjeru osi z) u jednolikom električnom i magnetskom polju. Ukoliko je jakost električnog polja 20 N/C (u pozitivnom smjeru osi z), što možete izračunati u vezi magnetskog polja u istom području? Što je nemoguće izračunati?

Zadatak 2. (10 bodova)

Jedan elektron elastično se sudara s drugim elektronom koji je početno u stanju mirovanja. Nakon sudara, radijusi njihovih trajektorija su 1 cm i 2.4 cm. Trajektorije su okomite na jednoliko magnetsko polje jakosti 0.044 T. Izračunajte energiju (u keV) upadnog elektrona, prije sudara.

Zadatak 3. (10 bodova)

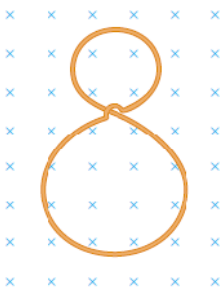
Dugačka ravna žica leži na horizontalnoj podlozi i njome teče struja 1.2 μA. Proton se giba paralelno sa žicom (u smjeru suprotnom smjeru električne struje) konstantnom brzinom 2.3×10^4 m/s na udaljenosti d iznad žice (u vakuumu). Izračunajte d. Zanemarite magnetsko polje Zemlje.

Zadatak 4. (10 bodova)

Četvoro ljudi, svaki mase 72.4 kg, nalaze se u automobilu čija masa iznosi 1130 kg. Odjednom dolazi to zemljotresa. Vozač uspješno zaustavlja automobil pored ceste, dok vertikalne oscilacije Zemljine površine izazivaju poskakivanje automobila na amortizerima. Amplituda oscilacija automobila najveća je u trenutku kada frekvencija Zemljinog podrhtavanja iznosi 1.8 Hz. Nakon završetka zemljotresa, četvoro ljudi bježi iz automobila što je brže moguće. Za koliko će amortizeri podići automobil nakon što su ga ljudi napustili?

Zadatak 5. (10 bodova)

Komad žice ima oblik kao na slici. Polumjer gornjeg kruga je 5 cm, a donjeg 9 cm. Žica ima jednoliki otpor po jedinici duljine 3 Ω/m. Jednoliko magnetsko polje usmjereno je okomito na ravninu krugova, u smjeru kao na slici. Magnetsko polje povećava se konstantnom brzinom 2 T/s. Odredite jakost i smjer inducirane struje u žici.



OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE – 23. siječnja 2013.

Srednje škole – 3. skupina

Rješenja i smjernice za bodovanje

Zadatak 1. (10 bodova)

Električna sila: $q\vec{E} = (-1.6 \times 10^{-19}\mathrm{C})(20\ \mathrm{N/C})\hat{k} = (-3.2 \times 10^{-18}\ \mathrm{N})\hat{k}$ **[2 boda]**

Ukupna sila: $\sum \vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = m\vec{a}$ **[1 bod]**

$$(-3.2 \times 10^{-18}\mathrm{N})\hat{k} - 1.6 \times 10^{-19}\mathrm{C}(1.2 \times 10^{4}\ \mathrm{m/s}\,\hat{\imath}) \times \vec{B} = (9.11 \times 10^{-31})(2 \times 10^{12}\ \mathrm{m/s^2})\hat{k}$$

[2 boda]

$(1.92 \times 10^{-15}\mathrm{C \cdot m/s^2})\hat{\imath} \times \vec{B} = -(5.02 \times 10^{-18}\mathrm{N})\hat{k}$ **[1 boda]**

***x*-komponenta magnetskog polja može poprimiti bilo koju vrijednost**, **[2 boda]**

a mora vrijediti sljedeće: $B_z = 0$ i $B_y = -2.62$ mT. **[2 boda]**

Zadatak 2. (10 bodova)

Za svaki elektron vrijedi $|q|vBsin90° = \frac{mv^2}{r}$, **[2 boda]**

odnosno $v = \frac{eBr}{m}$. **[2 boda]**

Budući da je sudar elastičan:

$K = \frac{1}{2}mv_{1i}^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_{1f}^2 + \frac{1}{2}mv_{2f}^2$ **[2 boda]**

$K = \frac{1}{2}m\left(\frac{e^2B^2R_1^2}{m^2}\right) + \frac{1}{2}m\left(\frac{e^2B^2R_2^2}{m^2}\right) = \frac{e^2B^2}{2m}(R_2^1 + R_2^2)$ **[2 boda]**

Uvrštavanjem poznatih vrijednosti dobiva se $K = 115$ keV. **[2 boda]**

Zadatak 3. (10 bodova)

Neka je smjer električne struje I prema desno. Struja stvara magnetsko polje $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ na mjestu gdje se nalazi proton. **[3 boda]**

Magnetska sila uravnotežena je s težinom protona:

$mg(-\hat{\jmath}) + qv(-\hat{\imath}) \times \frac{\mu_0 I}{2\pi d}(\hat{k}) = 0$ na udaljenosti d od žice. **[3 boda]**

Time dolazimo do rješenja:

$d = \frac{qv\mu_0 I}{2\pi mg} = 5.4$ cm. **[4 boda]**

Zadatak 4. (10 bodova)

U slučaju rezonantnih vibracija s ljudima u automobilu, možemo izračunati konstantu opruge amortizera:

$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ **[3 boda]**

$k = 4\pi^2 f^2 m = 4\pi^2(1.8\ \mathrm{s}^{-1})^2\big(1130\ \mathrm{kg} + 4(72.4\ \mathrm{kg})\big)1.82 \times 10^5\ \mathrm{kg/s^2}$ **[3 boda]**

Nakon što putnici napuste automobil imamo sljedeće:

$x = \frac{F}{k} = \frac{4(72.4\ \mathrm{kg})\big(9.8\ \mathrm{m/s^2}\big)}{1.82\times10^5\mathrm{kg/s^2}} = 1.56 \times 10^2\mathrm{m}$ **[3 boda]**

Zadatak 5 (10 bodova)

Površina gornje petlje je $\pi(0.05\ \mathrm{m})^2 = 7.85 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}^2$. **[1 bod]**

Inducirana elektromotorna sila je:

$$\varepsilon = -NA\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t} = -1 \cdot A \cdot \cos 0° \frac{\Delta B}{\Delta t} = -7.85 \times 10^{-3}\mathrm{m}^2(2\ \mathrm{T/s}) = -1.57 \times 10^{-2}\mathrm{V}.$$

[1 bod]

Negativan znak pokazuje da je smjer inducirane struje u **smjeru suprotnom smjeru kretanja kazaljke na satu**, tako da stvara vlastito magnetsko polje u smjeru iz stranice.

[1 bod]

Na isti način, za donju petlju dobivamo:

$\varepsilon = -NA\frac{\Delta(BA\cos\theta)}{\Delta t} = -5.09 \times 10^{-2}\mathrm{V}.$ **[2 boda]**

Smjer ove struje je suprotan smjeru kretanja kazaljke na satu, koji postaje u smjeru kretanja kazaljke na satu u gornjoj petlji! **[1 bod]**

Ukupna elektromotorna sila za struju je tada:

$5.09 \times 10^{-2}\mathrm{V} - 1.57 \times 10^{-2}\mathrm{V} = 3.52 \times 10^{-2}\mathrm{V}.$ **[2 boda]**

Ona gura struju u gore opisanom smjeru kroz serijski otpor $[2\pi(0.05\ \mathrm{m}) + 2\pi(0.09\ \mathrm{m})] \cdot 3\ \Omega/\mathrm{m} = 2.64\ \Omega$. **[1 bod]**

Struja je $I = \frac{\varepsilon}{R} = 13.3\ \mathrm{mA}$. **[1 bod]**