# ОКРУЖНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2003/2004. ГОДИНЕ

## Задаци за III разред

1. Проводни квадратни рам странице $a = 1.0\,\mathrm{m}$ налази се у вертикалној $x$–$z$ равни у гравитационом пољу Земље и има почетну брзину $\vec{v}_0$ дуж $x$–осе (слика 1). Рам се креће у магнетном пољу интензитета $B(z) = B_0 + k\,z$ и нормалном на $x$–$z$ раван, где су $B_0$ и $k = 1.0\,\mathrm{T/m}$ константе. Отпор рама је $R = 0.20\,\Omega$, а маса $m = 1.0\,\mathrm{kg}$. Након одређеног времена рам се креће константном брзином интензитета $u = 4.0\,\mathrm{m/s}$. Наћи почетну брзину $\vec{v}_0$. (Млади физичар, Посебна свеска, 2001/2002) (20 п.)

2. Струјно коло са слике 2 је спојено на извор наизменичне струје фреквенције $\omega$. Познат је отпор $R = 0.10\,\mathrm{k\Omega}$ и капацитет $C = 1.5\,\mu\mathrm{F}$, а коло је подешено тако да кроз отпорник $R_d$ не тече струја. Одредити индуктивност $L$. (20 п.)

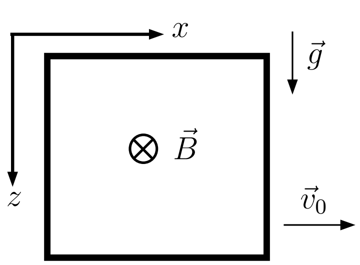
3. Куглица масе $m$ стоји у равнотежи у центру хоризонталног квадрата $ABCD$, спојена са његовим теменима помоћу опруга коефицијената еластичности $k_A$, $k_B$, $k_C$ и $k_D$. Куглица је изведена из равнотежног положаја тако да изводи мале осцилације у хоризонталној равни, описујући трајекторију у облику броја 8 (слика 3).

   а) Наћи коефицијенте $k_C$ и $k_D$ ако су дати коефицијенти $k_A$ и $k_B$ и познато је да куглица изврши $N$ пуних осцилација у току једне секунде. (15 п.)

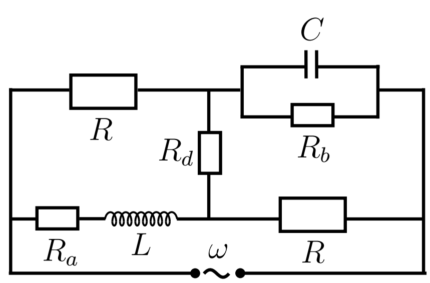
   б) Пројекција $X_{BD}$ положаја куглице на дијагоналу $BD$, мерена у односу на центар квадрата, дата је са $X_{BD} = X_{BD}^0 \cos\omega\,t$. Наћи пројекцију $X_{AC}$ положаја куглице на дијагоналу $AC$. Амплитуду осциловања у правцу дијагонале $AC$ означити са $X_{AC}^0$ и подразумевати $X_{BD}^0 > 0$ и $X_{AC}^0 > 0$. (10 п.)

4. Слепи миш лети према стени брзином интензитета $v = 10\,\mathrm{m/s}$, при чему производи ултразвук фреквенције $\nu_0 = 45\,\mathrm{kHz}$. Коју фреквенцију $\nu$ ултразвука одбијеног од стене региструје слепи миш? Узети да је брзина звука $c = 340\,\mathrm{m/s}$. (15 п.)

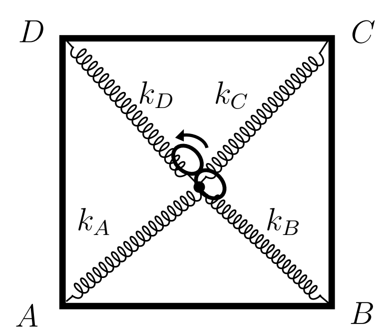
5. Изоловани проводник кружног облика полупречника $r = 1.5\,\mathrm{m}$ налази се у магнетном пољу интензитета $B = 1.2\,\mathrm{T}$, нормалном на раван кружнице. Проводник уврнемо тако да има облик симетричне осмице која се састоји од две кружнице и лежи у почетној равни. Наћи наелектрисање $Q$ које при овоме прође кроз попречни пресек проводника, ако је његов отпор $R = 10\,\Omega$. (20 п.)




Слика 1




Слика 2




Слика 3

Задатке припремио: Игор Салом
Рецензент: Антун Балаж
Председник комисије: др Мићо Митровић

# ОКРУЖНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2003/2004. ГОДИНЕ

## Решења задатака за III разред

1. Када се рам спусти за малу висину $\Delta z$, флукс се промени за $\Delta\Phi = a\,\Delta z\,[B(z+a) - B(z)] = k\,a^2\,\Delta z$, где смо са $z$ означили висину врха рама. Ова промена флукса индукује електромоторну силу интензитета $\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{k\,a^2\,\Delta z}{\Delta t} = k\,a^2\,v_z$ **5 п**, где је $v_z = \Delta z/\Delta t$ пројекција брзине рама на $z$–осу. Кроз рам тече струја $I = \mathcal{E}/R = k\,a^2\,v_z\,/\,R$ која, према Ленцовом правилу, има смер супротан од смера казаљке на сату **2 п**. До успостављања константе брзине долази зато што је магнетно поље нехомогено, па на доњу страницу делује Амперова сила већег интензитета него на горњу **2 п**. Силе на друге две странице се међусобно поништавају **2 п**. Када се константна брзина успостави, сума свих сила које делују на рам је једнака нули, односно $m\,g = I\,a\,[B(z+a) - B(z)] = k^2\,a^4\,u_z\,/\,R$, одакле налазимо $u_z = m\,g\,R\,/\,k^2\,a^4$ **4 п**. Како је $u = \sqrt{u_x^2 + u_z^2}$, а $u_x = v_0$ се не мења, налазимо $v_0 = \sqrt{u^2 - \frac{m^2\,g^2\,R^2}{k^4\,a^8}}$ **4 п**. Након замене датих вредности, добијамо $v_0 = 3.5\,\mathrm{m/s}$ **1 п**.

2. Како кроз отпорник $R_d$ не тече струја, ту грану кола можемо занемарити. Разлика потенцијала на крајевима овог отпорника је једнака нули **5 п**, тј. $U\frac{R_a + i\,\omega\,L}{R_a + i\,\omega\,L + R} = U\frac{R}{R + (1\,/\,R_b + i\,\omega\,C)^{-1}}$ **10 п**. Даље је $\frac{R}{R_a + i\,\omega L} = \frac{(1\,/\,R_b + i\,\omega\,C)^{-1}}{R}$, па изједначавањем имагинарних делова добијамо $L = R^2\,C$ **4 п**, односно $L = 15\,\mathrm{mH}$ **1 п**.

3. а) Осцилације су мале па се кретање куглице може посматрати као резултат сабирања независних осцилација дуж праваца $AC$ и $BD$. Фреквенција осциловања дуж дијагонале $BD$ једнака је фреквенцији обиласка трајекторије, односно $\nu_{BD} = N\,\mathrm{Hz}$ **2 п**, док је фреквенција осциловања дуж правца $AC$ два пута већа (пошто куглица у овом правцу направи две пуне осцилације за време за које у правцу $BD$ направи само једну), $\nu_{AC} = 2\nu_{BD} = 2N\,\mathrm{Hz}$ **3 п**. Одавде следи $\sqrt{(k_B + k_D)/m} = 2\,\pi\,\nu_{BD}$ **3 п**, односно $k_D = 4\,\pi\,m\,\nu_{BD}^2 - k_B$ **2 п** и $\sqrt{(k_A + k_C)/m} = 2\,\pi \cdot 2\,\nu_{BD}$ **3 п**, односно $k_C = 16\,\pi\,m\,\nu BD^2 - k_A$ **2 п**.

   б) Како је $X_{BD} = X^0_{BD}\cos\omega t$, у тренутку $t = 0$ куглица се налази у положају најближем темену $D$. Према слици, тада је $X_{AC} = 0$ и смањује се (јер се тело, према уцртаном смеру кретања, приближава темену $A$). Узевши у обзир све ово, као и чињеницу да је $\nu_{AC} = 2\nu_{BD}$, закључујемо да је $X_{AC} = -X^0_{AC}\sin 2\,\omega t$ **10 п**. (Као тачне прихватити и све математички еквивалентне одговоре: $X^0_{AC}\sin\,(2\,\omega t + \pi)$, $-X^0_{AC}\cos\,(2\,\omega t - \pi/2)$, $X^0_{AC}\cos\,(2\,\omega t + \pi/2)$, итд.)

4. Стена је нови извор ултразвучних таласа, чија је фреквенције $\nu'$ једнака фреквенцији таласа који стижу до стене, али мерено у систему везаном за стену. Дакле, $\nu' = \frac{c}{c-v}\,\nu_0$ **7 п** (извор звука, слепи миш, приближава се непокретној стени). Слепи миш (као слушалац), услед свог кретања према стени као непокретном извору, региструје фреквенцију $\nu = \frac{c+v}{c}\,\nu' = \frac{c+v}{c-v}\,\nu_0$ **7 п**. Када заменимо задате бројне вредности, добијамо $\nu = 48\,\mathrm{kHz}$ **1 п**.

5. За описани процес важи $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -IR$, где је $\Delta\Phi$ промена флукса за време $\Delta t$, а $I$ је индукована струја. Пошто је $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, закључујемо да је $\Delta\Phi = -R\Delta Q$, одакле је тражено наелектрисање једнако $Q = -(\Phi_{\text{крај}} - \Phi_{\text{почетак}})/R$ **7 п**. Флукс кроз контуру на почетку износи $\Phi_{\text{почетак}} = r^2\pi B$ **2 п**, док је $\Phi_{\text{крај}} = 0$ јер се доприноси од две половине симетричне осмице међусобно поништавају **7 п**. Одавде следи $Q = \Phi_{\text{почетак}}/R = r^2\pi B/R$ **2 п**, односно $Q = 0.85\,\mathrm{C}$ **1 п**.

Задатке припремио: Игор Салом
Рецензент: Антун Балаж
Председник комисије: др Мићо Митровић