



1. Хомогена куглица се пушта без почетне брзине низ стрму раван висине $h = 20\text{cm}$. Одредити брзину центра масе куглице у подножју стрме равни, ако се она котрља без проклизавања. Која тачка куглице има највећу периферну брзину у односу на стрму раван и колико она износи? Занемарити рад силе трења. Момент инерције кугле у односу на осу која пролази кроз њен центар износи $I = 2mr^2/5$. (15 поена)

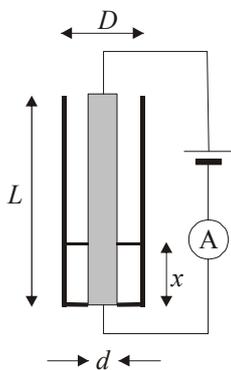
2. У вертикалној стакленој цеви унутрашњег пречника $D = 5\text{mm}$ и дужине $L = 1\text{m}$ налази се затегнута челична жица исте дужине као цев и пречника $d = 2\text{mm}$ (слика 1). Горњи крај жице прикључен је на један пол извора сталног напона $U = 0.1\text{V}$, а доњи крај жице пролази кроз дно стаклене цеви и прикључен је на други пол извора напона. У стаклену цев се улива жива. Специфична отпорност челика је $\rho_c = 0.2 \cdot 10^{-6}\Omega\text{m}$ а живе $\rho_z = 0.958 \cdot 10^{-6}\Omega\text{m}$. Одредити:

а) највећу и најмању јачину струје која може тећи кроз амперметар;

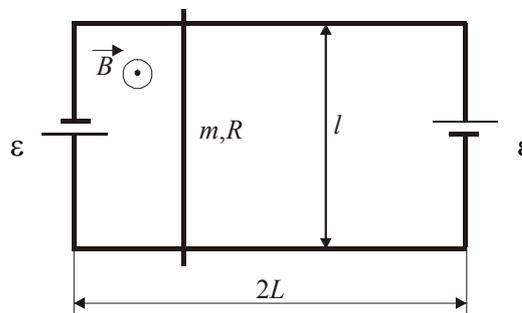
б) за коју висину живиног стуба у цеви x , мерено од дна, ће амперметар показивати струју од 2A ? (20 поена)

3. Пријемник и извор звучних осцилација фреквенције $f_0 = 2000\text{Hz}$ налазе се на x -оси. Извор осцилује дуж те осе са амплитудом $A = 50\text{cm}$. Пријемник се удаљава од извора брзином $v = 10\text{m/s}$, и региструје звук у распону фреквенција од $\Delta f = 200\text{Hz}$. Одредити фреквенцију осциловања извора. Брзина звука у ваздуху је $c = 340\text{m/s}$. (20 поена)

4. Паралалне хоризонталне шине дужине $2L$ учвршћене су на подлози на растојању l једна од друге. На њихове крајеве су прикључене на два извора електромоторне силе ε , као на слици 2. На шинама лежи, нормално на њих, шипка масе m која може да клизи по њима без трења. Цео систем се налази у хомогеном магнетном пољу индукције B , нормалном на раван коју одређују шине. Отпорност дела шипке између шина износи R , а отпорност по јединици дужине обе шине је ρ . Одредити период малих осцилација шипке које настају после њеног малог померања из равнотежног положаја и ослобађања. Занемарити унутрашње отпорности извора, проводника између шина и извора и контаката. Занемарити индуктивност кола, а самим тим и све индуковане електромоторне силе. (23 поена)



Слика 1.



Слика 2.



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2009/2010. ГОДИНЕ.



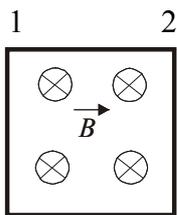
5. Квадратни рам странице $a = (10.0 \pm 0.2)\text{cm}$ налази се у хомогеном магнетном пољу нормалном на раван рама, као на слици 3. Отпорност рама износи $R = (1.00 \pm 0.02)\Omega$. Интензитет магнетне индукције се са временом мења као на слици 4. Одредити количину наелектрисања које протекне кроз попречни пресек рама у временском интервалу од $t_1 = 20\text{s}$ до $t_2 = 100\text{s}$.

а) у смеру од тачке 1 до тачке 2

б) у супротном смеру

Проценити грешке одређивања ових наелектрисања.

(22 поена)



Слика 3.



Слика 4.

Задатке припремила: Доц. др Андријана Жекић, Физички факултет, Београд

Рецензент: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

Председник Комисије за такмичење ДФС: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2009/2010. ГОДИНЕ.**



III РАЗРЕД

**Друштво Физичара Србије
Министарство Просвете Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА**

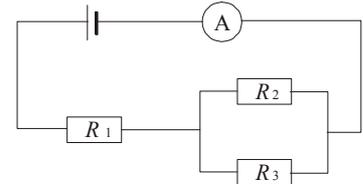
**РЕПУБЛИЧКИ НИВО
17.04.2010.**

1. Према закону одржања енергије је $mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{2mr^2v^2}{10r^2} = \frac{7mv^2}{10}$ (7п) па је брзина центра масе

$v = \sqrt{\frac{10}{7}gh}$ (3п) $v \approx 1.67\text{m/s}$ (1п). Највећу брзину има тачка најудаљенија од стрме равни и она износи

$$v_{\max} = 2v \text{ (3п)} \quad v_{\max} \approx 3.35\text{m/s} \text{ (1п)}.$$

2. Челична жица и стубић живе у цеви чине коло приказано на слици, где је R_1 отпорност не уроњеног у живу дела жице дужине $(L-x)$, R_2 отпорност уроњеног дела жице дужине x , а R_3 отпорност живиног стубића висине x (2п).



Еквивалентана отпорност ових елемената ће бити $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ (2п).

а) Струја која пролази кроз амперметар је $I = U/R$. Најмању вредност постиже за максималан отпор ($x=0$), тј. када је $R_{\max} = R_{1\max} = \frac{\rho_c L}{S_c} = \frac{4\rho_c L}{d^2 \pi}$ (2п) \Rightarrow

$$I_{\min} = U/R_{\max} = \frac{Ud^2 \pi}{4\rho_c L} \text{ (2п)} \quad I_{\min} \approx 1.57\text{A} \text{ (1п)}.$$

Највећа вредност струје добија се за минималну вредност отпорности $x=L$, тј. за $x=L$ и $R_1=0$. Тада је

$$R_2 = R_{\max}, \quad R_3 = \frac{\rho_z L}{S_z} = \frac{\rho_z L}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi - S_c} \Rightarrow R_{\min} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \text{ (2п)} \Rightarrow$$

$$I_{\max} = U/R_{\min} = \frac{U(R_2 + R_3)}{R_2 R_3} \text{ (2п)} \quad I_{\max} \approx 3.29\text{A} \text{ (1п)}$$

б) Ако кроз амперметар тече струја јачине $I = 2\text{A}$, тада је укупна отпорност у колу $R = U/I$.

$$\Rightarrow R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{\rho_c(L-x)}{S_c} + \frac{\left(\frac{\rho_c x}{S_c}\right)\left(\frac{\rho_z x}{S_z}\right)}{\frac{\rho_c x}{S_c} + \frac{\rho_z x}{S_z}} \text{ (3п)} \Rightarrow$$

$$x = \frac{R - \frac{\rho_c L}{S_c}}{\rho_c \left(\frac{\rho_z}{\rho_c S_z + \rho_z S_c} - \frac{1}{S_c} \right)} \text{ (2п)} \quad x \approx 0.41\text{m} = 41\text{cm} \text{ (1п)}$$

3. Пошто извор хармонијски осцилује, у односу на пријемник кретаће се брзинама у интервалу $-v_{\max}$ до $+v_{\max}$ (2п). Максимална брзина хармонијског осцилатора је $v_{\max} = A\omega$ (1п), где је A - амплитуда осциловања, а ω - кружна

фреквенција осцилатора. Пријемник ће регистровати фреквенције у интервалу $f = f_0 \frac{c-v}{c+v_{\max}}$ (3п) до

$f' = f_0 \frac{c-v}{c-v_{\max}}$ (3п). Разлика ових фреквенција је $\Delta f = f' - f = f_0(c-v) \frac{2v_{\max}}{c^2 - v_{\max}^2}$ (4п), одакле се добија квадратна

једначина $\Delta f v_{\max}^2 + 2v_{\max} f_0(c-v) - \Delta f c^2 = 0$ (3п), чије је решење $v_{\max 1,2} = \frac{-f(c-v) \pm \sqrt{f_0^2(c-v)^2 + \Delta f^2 c^2}}{\Delta f}$ (2п).

Смисао има само позитивно решење, па је

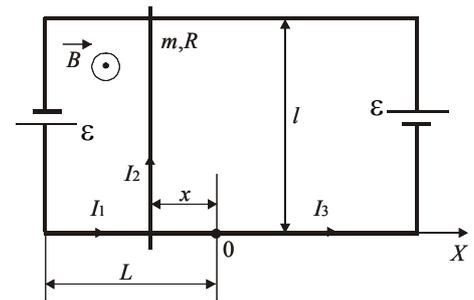
$$v_{\max} = 17.5\text{m/s} \text{ (1п)}, \text{ односно } \omega = v_{\max} / A = 35\text{s}^{-1} \text{ (1п)}.$$



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2009/2010. ГОДИНЕ.**



4. Због симетрије кола равнотежни положај шипке, при коме кроз њу не тече струја па не делује ни Амперова сила на њу је на средини шина. При померању шипке кроз њу почиње да тече струја због нарушавања симетрије отпорности и индуковања ЕМС. Пошто је индуктивност кола занемарљива, занемарљиве су и све појаве електромагнетне индукције, па силе на шипку зависе само од њеног положаја. Када је шипка за x померена из равнотежног положаја, као на слици, отпорност шина са леве стране је $\rho(L-x)$, а са десне стране је $\rho(L+x)$ **(1п)**, па је према Кирхофовим правилима:



$$I_1 = I_2 + I_3 \text{ (1п),}$$

$$2I_3\rho(L+x) - I_2R = \varepsilon \text{ (2п),}$$

$$2I_1\rho(L-x) + I_2R = \varepsilon \text{ (2п),}$$
 па је

$$I_2 = \frac{\varepsilon x}{\rho(L^2 - x^2) + RL} \text{ (3п)} \quad I_2 \approx -\frac{\varepsilon x}{(\rho L + R)L} \text{ (4п)}$$
 за $x^2 \ll L^2$. На шипку делује Амперова сила

$$F_A = I_2 l B = -\frac{\varepsilon l B x}{L(\rho L + R)} \text{ (3п),}$$
 која јој даје убрзање, па је $ma_x = -\frac{\varepsilon l B}{L(\rho L + R)} x$ **(3п)** хармонијска сила. Фреквенција и период осциловања износе

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon l B}{m L (\rho L + R)}} \text{ (2п)} \quad \text{и} \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m L (\rho L + R)}{\varepsilon l B}} \text{ (2п).}$$

5. У раму се индукује ЕМС $\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{a^2 \Delta B}{\Delta t}$ **(1п)**. За време Δt протиче наелектрисање $\Delta q = I \Delta t = \frac{\varepsilon}{R} \Delta t$ **(2п)**.

$\Delta q = \frac{a^2 \Delta B}{R}$ **(3п)** и не зависи од времена. По Ленцовом правилу кроз рам тече наелектрисање у смеру 1-2 када интензитет магнетне индукције расте, а у смеру 2-1 када се индукција смањује **(2п)**. Укупно наелектрисање протекло у смеру 1-2 и 2-1 износе, редом:

$$\text{и} \quad \Delta q_1 = \frac{a^2 (B_2 - B_1)}{R} \text{ (2п),} \quad \Delta q_1 = 0.0037C = 3.7mC \text{ (2п)}$$

$$\Delta q_2 = \frac{a^2 (B_2 - B_3)}{R} \text{ (2п),} \quad \Delta q_2 = 0.0013C = 1.3mC \text{ (2п)}$$

$$\Delta(\Delta q_1) = \Delta q_1 \left(\frac{2\Delta a}{a} + \frac{2\Delta B}{B_2 - B_1} + \frac{\Delta R}{R} \right) \text{ (1п),} \quad \Delta(\Delta q_1) = 3.7mC \cdot 0.067 = 0.25mC \approx 0.3mC \text{ (1п)}$$

$$\Delta(\Delta q_2) = \Delta q_2 \left(\frac{2\Delta a}{a} + \frac{2\Delta B}{B_2 - B_3} + \frac{\Delta R}{R} \right) \text{ (1п),} \quad \Delta(\Delta q_2) = 1.3mC \cdot 0.012 = 0.152mC \approx 0.16mC \approx 0.2mC \text{ (1п)}$$

$$\Delta q_1 = (3.7 \pm 0.3)mC \text{ (1п)}$$

$$\Delta q_2 = (1.30 \pm 0.16)mC \text{ или } \Delta q_2 = (1.3 \pm 0.2)mC \text{ (1п)}$$



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2009/2010. ГОДИНЕ.**





**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2009/2010. ГОДИНЕ.**





**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2009/2010. ГОДИНЕ.**

