



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2011/2012. ГОДИНЕ

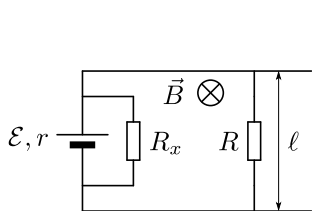


III РАЗРЕД

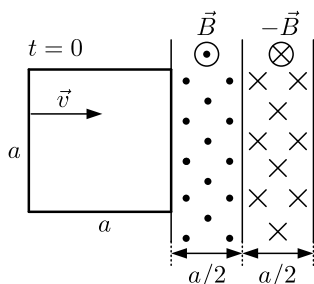
Друштво физичара Србије
Министарство просвете и науке Републике Србије
ЗАДАЦИ

ОПШТИНСКИ НИВО
18.02.2012.

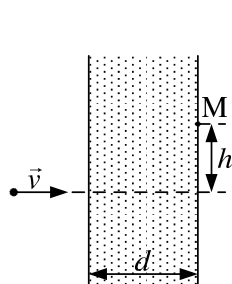
1. Тело масе m закачено за лаку опругу константе еластичности k и дужине ℓ ротира у хоризонталној равни угаоном брзином интензитета Ω око непокретне осовине за коју је везан други крај опруге. У тренутку t_0 се услед спољашњег утицаја повећа растојање тела од осовине за $\Delta\ell \ll \ell$, при чему се угаона брзина не промени. Који услов морају да задовољавају величине m , k и Ω да би тело након тога започело мале осцилације дуж правца опруге? У каквом односу су поменуте величине ако се тело након што опише пун круг врати у исти положај у којем се налазило тренутку t_0 , на растојању $\ell + \Delta\ell$ од осовине? (20 п.)
2. Две хоризонталне паралелне проводне шине занемарљивог отпора налазе се на растојању $\ell = 1.0 \text{ m}$ у вертикалном хомогеном магнетном пољу индукције $B = 3.0 \text{ T}$ (видети слику). На један крај шина прикључен је извор електромоторне силе $\mathcal{E} = 1.5 \text{ V}$ и унутрашњег отпора $r = 1.0 \Omega$. Паралелно извору прикључен је отпорник непознатог отпора R_x . Проводни штап дужине ℓ и отпора $R = 10 \Omega$ може без трећа да клизи по шинама као на слици. Коликом брзином и у ком смеру треба да се креће штап да кроз отпорник R_x не би протичала струја? Коликом силом у том случају треба деловати на штап? (20 п.)
3. Крећући се у хоризонталној равни, проводни квадратни рам странице $a = 1 \text{ m}$ и отпора $R = 100 \Omega$ улази у тренутку $t = 0$ у вертикално хомогено магнетно поље индукције $B = 1 \text{ T}$ у области дужине $a/2$ (видети слику). Након тога рам пролази кроз област исте дужине у којој магнетно поље има супротан смер. Рам се све време креће брзином интензитета $v = 2 \text{ m/s}$. Нацртајте график зависности магнетног флукса Φ кроз рам у функцији од пута који је рам прешао, као и временску зависност јачине струје индуковане у раму. (20 п.)



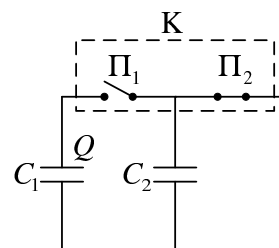
Слика уз задатак 2



Слика уз задатак 3



Слика уз задатак 4



Слика уз задатак 5

4. Протон масе $m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ и наелектрисања $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ улеће под правим углом у хомогено магнетно поље индукције $B = 0.10 \text{ T}$ у области дужине $d = 4.0 \text{ mm}$ (видети слику). Који смер мора да има вектор \vec{B} да би протон напустио поље кроз тачку М на висини $h = 2 \text{ mm}$ у односу на почетни правац кретања? Којом почетном брзином \vec{v} протон мора да се креће да би то било могуће? Занемарите утицај гравитације. (20 п.)
5. Два кондензатора капацитивности $C_1 = C_2$ су повезана као на слици, где су Π_1 и Π_2 прекидачи којима управља контролер К. Када је контролер К у стању 0, прекидач Π_1 је отворен, а Π_2 затворен, а када је контролер К у стању 1, прекидач Π_1 је затворен, а Π_2 отворен. У почетном тренутку контролер К је у стању 0, а на кондензатору C_1 се налази наелектрисање Q (видети слику). Који је минималан број промена стања контролера К потребан да би количина наелектрисања на кондензатору C_1 постала мања од $Q/10$? Колике су у том тренутку количине наелектрисања на кондензаторима C_1 и C_2 ? (20 п.)

Задатке припремили: *Милан Радоњић* и *Милан Жежесљ*, Институт за физику, Београд

Рецензент: *др Антун Балаж*, Институт за физику, Београд

Председник комисије за такмичења средњих школа: *др Александар Крмпот*, Институт за физику, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2011/2012. ГОДИНЕ



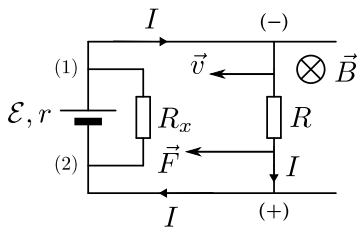
III РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете и науке Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

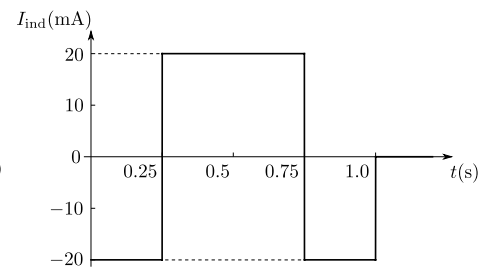
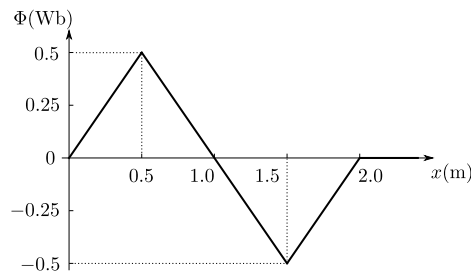
ОПШТИНСКИ НИВО
18.02.2012.

1. Ако је ℓ_0 дужина неистегнуте опруге, при ротацији важи $k(\ell - \ell_0) = m\Omega^2\ell$ (3 п.). Када се растојање тела од осовине повећа за $\Delta\ell$, једначина кретања у ротирајућем референтном систему је $ma = -k(\ell + \Delta\ell - \ell_0) + m\Omega^2(\ell + \Delta\ell) = -(k - m\Omega^2)\Delta\ell$ (5 п.), где је a убрзање у правцу опруге. Тело ће започети мале осцилације само уколико убрзање има супротан смер од помераја $\Delta\ell$, тј. ако је $k > m\Omega^2$ (3 п.). Угаона фреквенција осцилација биће $\omega = \sqrt{k/m - \Omega^2}$ (3 п.). Да би се тело вратило у исти положај након описивања пуног круга, однос периода ротације $2\pi/\Omega$ и периода осциловања $2\pi/\omega$ мора да буде природан број $n \in \mathbb{N}$ тј. $2\pi/\Omega = n \cdot 2\pi/\omega$, односно $\omega = n \cdot \Omega$. Тражени однос је $k/m = (n^2 + 1)\Omega^2$ ($n \in \mathbb{N}$) (6 п.). Признати и све еквивалентне записе овог односа. Уколико је дат однос само за неки конкретан природан број n , признају се 3 поена.

2. Кроз отпорник R_x неће протичати струја уколико је разлика потенцијала између тачака (1) и (2) једнака нули, $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$ (2 п.). У том случају, струја I тече само кроз извор и штап преко шина у смеру приказаном на слици (2 п.) и тада је $U_{12} = \mathcal{E} - Ir$, одакле следи $I = \mathcal{E}/r$ (2 п.). Пошто шине имају занемарљив отпор, разлика потенцијала на крајевима штапа такође мора бити једнака нули. То је могуће само ако индукована електромоторна сила у штапу $\mathcal{E}_{\text{ind}} = vBl$ (2 п.) има исти смер као струја I . Тада се “доњи” крај штапа може сматрати позитивним, а “горњи” негативним крајем извора е.м.с. \mathcal{E}_{ind} , па добијамо $U_{12} = -\mathcal{E}_{\text{ind}} + IR$, одакле је $\mathcal{E}_{\text{ind}} = IR$ (2 п.). Заменом израза за \mathcal{E}_{ind} и I , добијамо $vBl = \mathcal{E}R/r$. Индукована е.м.с. у штапу је последица Лоренцове силе $|e|(\vec{v} \times \vec{B})$ која делује на позитивне носιοце струје у штапу и има смер струје. Зато брзина \vec{v} мора имати смер *на лево* (3 п.) и интензитет $v = \mathcal{E}R/Blr = 5 \text{ m/s}$ (2 п.). Сила којом треба деловати на штап мора бити супротна Амперовој сили тј. $\vec{F} = -\vec{F}_A = -I\vec{l} \times \vec{B}$ и мора бити усмерена *на лево* (3 п.) са интензитетом $F = I\ell B = \mathcal{E}\ell B/r = 4.5 \text{ N}$ (2 п.).



Слика уз решење задатка 2



Слике уз решење задатка 3

3. Нека вектор површине рама \vec{S} има смер вектора \vec{B} . Означимо са x пут који је рам прешао од $t = 0$. За $0 \leq x < a/2$ важи $\Phi(x) = Bax$ (1 п.). Када је $a/2 \leq x < a$ и када је $a \leq x < 3a/2$ имамо $\Phi(x) = -Bax + Ba^2$ (1 п. + 1 п.). Даље, за $3a/2 \leq x < 2a$ добија се $\Phi(x) = Bax - 2Ba^2$ (1 п.). Коначно, за $x > 2a$ важи $\Phi(x) = 0$ (0.5 п.). Пошто је $Ba^2 = 1 \text{ Wb}$, добија се график приказан на слици (4 п.). Електромоторна сила индукована у раму једнака је $\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\Delta\Phi/\Delta t$ (1 п.), док је јачина индуковане струје $I_{\text{ind}} = \mathcal{E}_{\text{ind}}/R$ (1 п.). Уведимо ознаку $\tau = a/v = 0.5 \text{ s}$. Имајући у виду да је $\Delta x/\Delta t = v$ (1 п.), добија се следећа зависност индуковане струје од времена: $0 \leq t < \tau/2$ и $3\tau/2 \leq t < 2\tau \Rightarrow I_{\text{ind}}(t) = -Bav/R$ (1 п. + 1 п.); $\tau/2 \leq t < \tau$ и $\tau \leq t < 3\tau/2 \Rightarrow I_{\text{ind}}(t) = Bav/R$ (1 п. + 1 п.); $t > 2\tau \Rightarrow I_{\text{ind}}(t) = 0$ (0.5 п.). Пошто је $Bav/R = 20 \text{ mA}$ добија се график приказан на слици (4 п.).

4. У магнетном пољу на протон делује Лоренцова сила $\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B}$ (2 п.), па вектор магнетне индукције мора бити усмерен наниже (видети слику) да би протон прошао кроз тачку М (3 п.). Како је брзина \vec{v} нормална на \vec{B} , протон ће се у пољу кретати по кружном луку полупречника R (3 п.), са центром О који се налази на левој граници поља (2 п.). На основу II Њутновог закона следи $mv^2/R = evB$, одакле је брзина $v = eBR/m$ (3 п.). Из правоуглог троугла ONM следи $(R - h)^2 + d^2 = R^2$, одакле је полупречник $R = (h^2 + d^2)/2h$ (3 п.), а одатле следи брзина протона $v = eB(h^2 + d^2)/2mh$ (3 п.). Након замене нумеричких вредности, добијамо $v \approx 48 \text{ km/s}$ (1 п.).



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2011/2012. ГОДИНЕ

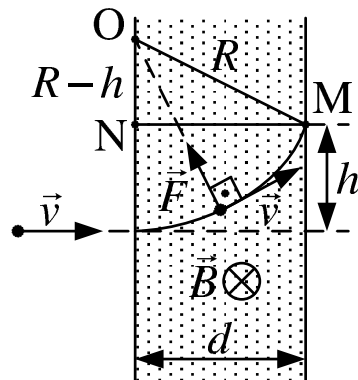


III РАЗРЕД

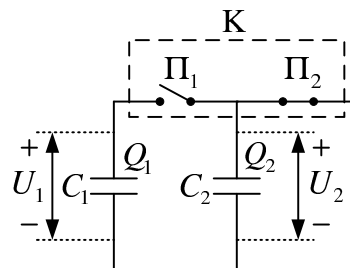
Друштво физичара Србије
Министарство просвете и науке Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА

ОПШТИНСКИ НИВО
18.02.2012.

5. Када је контролер К у стању 0, кондензатор C_2 је кратко спојен и количина наелектрисања на њему је $Q_2 = 0$ (2 п.). Када је контролер К у стању 1, напони на кондензаторима су једнаки, $Q_1/C_1 = Q_2/C_2$ (2 п.). Како је $C_1 = C_2$, следи да тада важи $Q_1 = Q_2$ (2 п.). Када се стање контролера К промени из почетног стања 0 у стање 1, по закону одржања наелектрисања почетно наелектрисање Q се расподели тако да је $Q_1 = Q_2 = Q/2$ (4 п.). Поновним успостављањем стања 0, кондензатор C_2 се празни јер је кратко спојен, а наредним наизменичним променама стања контролера К количина наелектрисања на кондензатору C_1 се увек преполовљава, формирајући геометријски низ $Q/4, Q/8, Q/16, \dots$ (4 п.). Дакле, након седме промене стања контролера од почетног тренутка, количина наелектрисања на кондензатору C_1 ће бити $Q_1 = Q/16$ (2 п.), чиме је први пут задовољен услов $Q_1 < Q/10$ (2 п.). У том тренутку контролер К се налази у стању 1, тако да је $Q_1 = Q_2 = Q/16$ (2 п.).



Слика уз решење задатка 4



Слика уз решење задатка 5