



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2014/2015. ГОДИНЕ.



III
РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког
развоја Републике Србије
ЗАДАЦИ

ОКРУЖНИ НИВО
14.03.2015.

1. Две куглице маса $m_1 = 10\text{g}$ и $m_2 = 20\text{g}$ обешене су на танким неистегљивим нитима једнаких дужина $l = 18\text{cm}$ тако да им се центри масе налазе на истој висини и додирују се. Куглица масе m_1 се изведе из равнотежног положаја тако да нит о коју је куглица m_1 обешена и нит о коју је обешена друга куглица заклапају угао $\alpha = 60^\circ$ и затим се отпусти. Одредити колики су максимални отклони куглица по вертикали (тј. висине у односу на равнотежни положај) после апсолутно еластичног судара куглица?

2. Систем на слици се састоји од танког штапа дужине l и занемарљиве масе, затим од идеалне безмасене опруге константе еластичности k , и од танке хомогене шипке масе m и дужине l . Штап је закачен горњим крајем за непокретни зглоб А око ког може да осцилује без трења, а доњим крајем је чврсто спојен са шипком. Опруга је постављена хоризонтално и једним својим крајем закачена за вертикални зид, а другим крајем за доњи крај шипке. У равнотежи, штап и шипка су вертикално постављени, а опруга није деформисана. Одредити период малих осцилација овог система тела око равнотежног положаја.

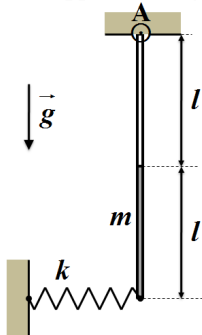
3. Непокретна жичана контура састоји се од три лука који су делови кружница једнаких полупречника $r = 1\text{ dm}$. Укупна отпорност контуре, постављене као на слици износи $R = 10\ \Omega$. Сваки део контуре лежи у једној од координатних равни, тако да део ab лежи у xy равни, bc лежи у yz равни, и део ca лежи у zx равни. У тренутку $t = 0$ сукључено је хомогено магнетно поље чија је зависност од времена $B(t) = 10 + 30t + 50t^2$, где је B у јединицама мТ, а t у секундама. Правац магнетног поља је у правцу x -осе, а смер у позитивном смеру x -осе. Одредити јачину струје у контури у тренутку $t_1 = 2\text{ s}$.

4. Потрошачи се у кућној инсталацији везују међусобно паралелно. У једном тренутку су преко једног осигурача укључени фрижидер са мотором активне снаге 900 W и фактора снаге 0.85 , бојлер активне снаге 760 W и електрична пећ активне снаге 1800 W . Ако се претпостави да бојлер и пећ имају фактор снаге једнак јединици, одредити: а) реактивну и привидну снагу мотора фрижидера; б) ефективне јачине струја потрошача; ц) Нацртати фазни дијаграм и одредити ефективну вредност јачине струје која протиче кроз осигурач. Градска мрежа има ефективну вредност напона 230 V .

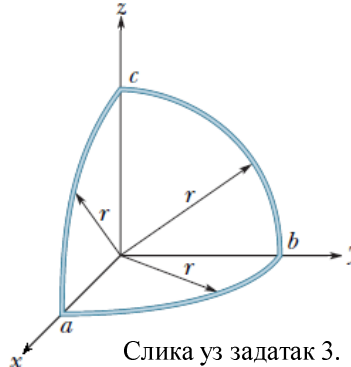
5. У колу са слике, када је прекидач отворен (положај (0)) струја у колу предњачи у односу на напон U за 20° . Када је прекидач у положају (1) струја у колу заостаје за напоном за 10° . Када је прекидач у положају (2) амплитуда струје у колу износи $I_{02} = 2\text{ A}$. Одредити вредности R , L и C . Познате су амплитуда $U_0 = 120\text{ V}$ и фреквенција $\nu = 60\text{ Hz}$ наизменичног напона.



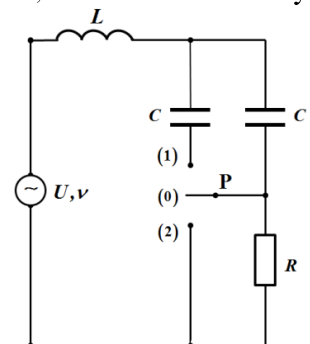
Слика уз задатак 1.



Слика уз задатак 2.



Слика уз задатак 3.



Слика уз задатак 5.

Напомена: Сва решења детаљно објаснити! Сваки задатак носи 20 поена.

Задатке припремили: др Владимир Марковић, Владимир Чубровић

Рецензенти: Владимир Чубровић, др Владимир Марковић, др Ненад Сакан

Председник комисије: Проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

Свим такмичарима желимо успешан рад!



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2014/2015. ГОДИНЕ.

Друштво физичара Србије

Министарство просвете, науке и технолошког
развија Републике Србије



ОКРУЖНИ НИВО
14.03.2015.

III
РАЗРЕД

РЕШЕЊА

1. После судара куглице ће доћи на висину h_1 и h_2 , на рачун кинетичких енергија које су имале непосредно после судара. На основу закона одржања енергије важи да је $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1$ и $\frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2$ [1+1п], тј.

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g} \quad \text{и} \quad h_2 = \frac{v_2^2}{2g} \quad [1+1\text{п}].$$

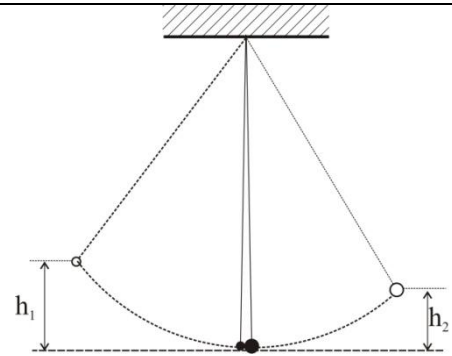
Како би смо одредили брзине v_1 и v_2 применићемо закон одржања енергије и импулса на изоловани систем две куглице, на стање непосредно пре и после судара: $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$ [2п], и

$$\frac{m_1 v^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad [2\text{п}],$$

где је v брзина куглице масе m_1 непосредно пре судара. Ова брзина је $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)} = \sqrt{gl}$ [2п]. Из предходних једначина налазимо

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{gl} \quad [3\text{п}] \quad \text{и} \quad v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \sqrt{gl} \quad [3\text{п}],$$

па добијамо тражене висине $h_1 = \frac{l}{2} \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 = 1\text{cm}$ [2п] и $h_2 = \frac{l}{2} \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 = 4\text{cm}$ [2п]. Треба запазити да је брзина v_1 негативна пошто је $m_1 < m_2$, па ће ове куглица после судара одскочити улево, док ће друга куглица добити брзину у десно.



2. Како систем штап-шипка (у даљем тексту тело) врши кретање око осе која пролази кроз непокретну тачку А зглоба (пол кругог тела) по Ојлеровој теорему, датом кретању еквивалентна је једна и само једна ротација око дате осе. За описивање ротације тела користимо угао φ који тело заклапа са вертикалном осом (слика). Једначина ротационог кретања тела је $I^A \alpha = -M_g^A - M_{el}^A$ [1п]. Користећи Штајнерову теорему добијамо да је

$$\text{момент инерције тела у односу на пол ротације једнак} \quad I^A = \frac{ml^2}{12} + m \left(\frac{3l}{2} \right)^2 = \frac{7ml^2}{3} \quad [4\text{п}].$$

Момент гравитационе силе у односу на пол А је једнак $M_g^A = mg \sin\varphi \cdot \frac{3l}{2}$ [4п]. Са

слике се види да је издужење опруге једнако $x = 2l \sin\varphi$ [1п], па је момент еластичне силе у односу на пол А једнак $M_{el}^A = 4kl^2 \cos\varphi \sin\varphi$ [4п]. Користећи претходне релације једначина кретања тела је облика

$$\frac{7ml^2}{3} \alpha = -mg \sin\varphi \cdot \frac{3l}{2} - 4kl^2 \cos\varphi \sin\varphi \quad [2\text{п}].$$

У случају малих осцилација и како је равнотежни положај тела $\varphi^0 = 0$, важе следеће апроксимације $\sin\varphi \approx \varphi$ и $\cos\varphi \approx 1$, тако да последња једначина добија облик

$$\alpha + \left(\sqrt{\frac{9g}{14l} + \frac{12k}{7m}} \right)^2 \varphi = 0 \quad [3\text{п}],$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{9g}{14l} + \frac{12k}{7m}}} \quad [1\text{п}].$$

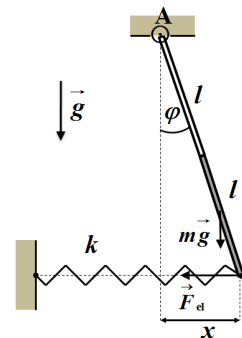
3. Индукована емс у контури је $\varepsilon_{\text{ind}} = \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$, при чему укупном флуксу Φ кроз контуру доприноси само флукс

магнетног поља кроз површину S_{zy} коју ограничава део контуре bc са координатним осама y и z тј. $\varepsilon_{\text{ind}} = S_{zy} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$

тј. $\varepsilon_{\text{ind}} = \frac{r^2 \pi}{4} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$ [4п]. Промена магнетног поља у времену се добија на следећи начин: $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B(t+\Delta t) - B(t)}{\Delta t}$ [1п],

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{10 + 30(t+\Delta t) + 50(t+\Delta t)^2 - 10 - 30t - 50t^2}{\Delta t} \quad [1\text{п}], \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 30 + 100t + 50\Delta t \quad [1\text{п}],$$

$$\text{и кад } \Delta t \rightarrow 0 \text{ важи } \frac{\Delta B}{\Delta t} = 30 + 100t \quad [1\text{п}]$$





**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2014/2015. ГОДИНЕ.**



тдј. $\varepsilon_{\text{ind}} = \frac{r^2 \pi}{4} \cdot 30 + 100t$ [6п]. Јачина струје у контури је $I_{\text{C}} = \frac{\varepsilon_{\text{ind}}}{R}$ [2п], тј. $I_{\text{C}} = \frac{r^2 \pi}{4R} (30 + 100t)$ [3п] и након времена $t_1 = 2$ s износи $I_1 = 0.18$ mA [1п].

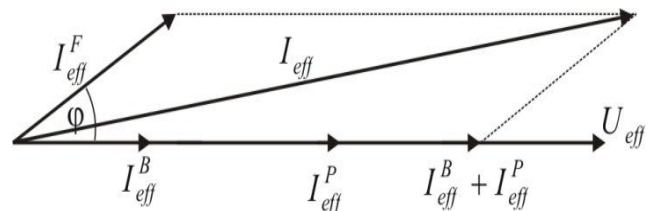
4. а) Привидна снага мотора фрижидера је $S_F = P_F / \cos\varphi \approx 1059$ W [1+1п]. Реактивну снагу можемо одредити као $Q_F = \sqrt{S_F^2 - P_F^2} \approx 558$ W [2+1п]. б) Како је $P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos\varphi$, где је фактор снаге бојлера и грејалице приближно једнак јединици, можемо одредити ефективне вредности јачине струја сваког потрошача. За фрижидер $I_{\text{eff}}^F = \frac{P_F}{U_{\text{eff}} \cos\varphi} \approx 4.6$ A [1+1п]; за бојлер $I_{\text{eff}}^B = \frac{P_B}{U_{\text{eff}}} \approx 3.3$ A [1+1п]; за пећ $I_{\text{eff}}^P = \frac{P_P}{U_{\text{eff}}} \approx 7.8$ A [1+1п]. ц) Са фазног

дијаграма се може косинусном теоремом одредити јачина ефективне струје кроз осигурач,

$$I_{\text{eff}}^2 = I_{\text{eff}}^F{}^2 + (I_{\text{eff}}^B + I_{\text{eff}}^P)^2 + 2I_{\text{eff}}^F (I_{\text{eff}}^B + I_{\text{eff}}^P) \cos\varphi$$
 [3п],

$$I_{\text{eff}} = 15.2$$
 A [1п].

Коректно нацртан фазорски дијаграм носи 5 поена.



5. При отвореном прекидачу важи $\text{tg}\varphi_0 = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$ [3п], $\varphi_0 = -20^\circ$ [1п]. Када је прекидач у положају (1), тада је

$$\text{tg}\varphi_1 = \frac{\omega L - \frac{1}{2\omega C}}{R}$$
 [3п], $\varphi_1 = 10^\circ$ [1п]. У положају (2) прекидача важи $I_{02} = \frac{U_0}{\sqrt{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_0}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}$ [3+1п], јер је

$$\frac{1}{\omega C} > \omega L, \quad \omega = 2\pi\nu. \quad \text{Из претходних једначина добијамо} \quad R = \frac{-U_0}{I_{02} \cdot \text{tg}\varphi_0} \approx 164.8 \Omega$$
 [1+1п],

$$L = \frac{U_0}{I_{02} \cdot 2\pi\nu} \left(1 - 2 \frac{\text{tg}\varphi_1}{\text{tg}\varphi_0}\right) \approx 0.31$$
 H [2+1п], $C = \frac{I_{02}}{2U_0 \cdot 2\pi\nu} \left(1 - \frac{\text{tg}\varphi_1}{\text{tg}\varphi_0}\right)^{-1} \approx 14.9$ μ F [2+1п].