



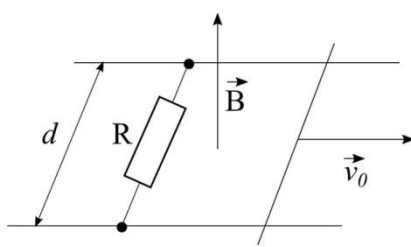
III
РАЗРЕД

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

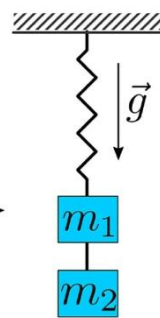
ОКРУЖНИ НИВО
27.03.2022.

ЗАДАЦИ – БЕТА КАТЕГОРИЈА

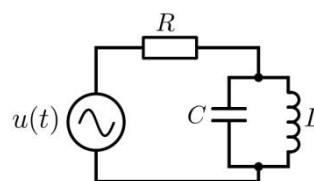
1. По хоризонталним паралелним шинама које се налазе на међусобном растојању d може да клизи без трења линијски проводник масе m . Шине су спојене отпорником чији је отпор R и налазе се у вертикалном хомогеном магнетном пољу индукције B . Проводнику се саопшти брзина v_0 (Слика 1). Наћи пут s који пређе проводник до заустављања. Како изгледа одговор када се смер вектора индукције промени за произвољни угао α ? (Млади физичар 62)
2. Око кугле полупречника R_1 наелектрисане количином наелектрисања q_1 налази се метална мрежа полупречника R_2 наелектрисана количином наелектрисања q_2 . Са наелектрисане кугле полети количина наелектрисања q ($q \ll q_1$) почетном брзином $v_0 = 0$, пролети кроз мрежу и удаљи се у бесконачност. Наћи брзину наелектрисања q на удаљености r ($r > R_2$) од кугле и у бесконачности. Узети да је однос q/m познат.
3. Један крај опруге причвршћен је за непокретни плафон, док је други крај повезан са два тега једнаких маса $m_1 = m_2 = 200 \text{ g}$. Тегови су повезани неистегљивом нити (Слика 2). Систем се налази у вертикалној равни у гравитационом пољу Земље. Доњи тег је изведен из равнотежног положаја у вертикалном смеру наниже за $x_0 = 2 \text{ cm}$ и пуштен. Систем хармонијски осцилује, тако да нит која повезује тегове све време остаје затегнута. Максимална и минимална сила затезања нити током кретања система су $F_1 = 1,4 \text{ N}$ и $F_2 = 0,6 \text{ N}$, редом. Колики је период осцилација система?
4. Електрично коло сачињавају отпорник отпорности $R = 1 \text{ k}\Omega$, кондензатор капацитета $C = 160 \mu\text{F}$, калем индуктивности $L = 1 \text{ mH}$ (Слика 3) и наизменични извор напона $u(t) = U_0 \sin(\omega t)$, при чему је $U_0 = 2 \text{ V}$ и $\omega = 5000 \text{ rad/s}$. Колика ће бити амплитуда електричне струје која тече кроз проводник? При којој вредности кружне фреквенције напона ω' кроз ово коло не тече струја?
5. 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 4, износи $R = 10 \Omega$. Сваки део контуре лежи у једној од координатних равни, тако да део ab лежи у xy равни, део bc лежи у yz , а део ca у zx равни. У тренутку $t = 0$ укључено је хомогено магнетно поље, чија је зависност од времена $B(t) = 10 + 30t + 50t^2$, где је B у јединицама mT , 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 $t_1 = 2 \text{ s}$.



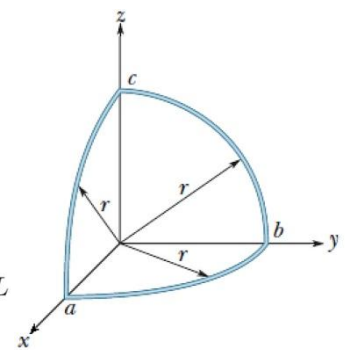
Слика 1.



Слика 2.



Слика 3.



Слика 4.

Напомене: Сва решења детаљно објаснити. Сваки задатак носи по 20 поена.

Свим такмичарима желимо успешан рад !

Задатке припремили: др Иван Смиљанић и Ивана Видаковић, Институт за нуклеарне науке Винча

Рецензент:

Председник комисије: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад



III
РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете, науке и технолошког развоја
Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА – БЕТА КАТЕГОРИЈА

ОКРУЖНИ НИВО
27.03.2022.

1. Узмимо да је брзина кретања проводника у неком тренутку времена v . За мали интервал Δt проводник ће се померити дуж шина за $\Delta x = v\Delta t$. (2п). Промена површине контуре за то време је $vd\Delta t$, а флуks магнетне индукције се промени на $\Delta\Phi = Bvd\Delta t$ (2п). У контури се јављају ЕМС $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Bvd$ (2п) и струја $I = \frac{\varepsilon}{R}$ (1). Сила која делује на проводник је $F = IBd = -\frac{B^2d^2v}{R} = ma$ (2п). У складу са Ленцовим правилом, ова сила усмерена је супротно вектору брзине проводника. Како је $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ и $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, важи да је $m\Delta v = -\frac{B^2d^2\Delta x}{R}$ (2п). Промена брзине кретања проводника пропорционална је промени координате x . Укупна промена брзине (до заустављања проводника) је $-v_0$, а Δx тада представља укупан пређени пут s , па је $m(-v_0) = -\frac{B^2d^2s}{R}$ (4п), одакле се добија $s = \frac{mRv_0}{B^2d^2}$ (2п). У случају када правац индукције заклапа угао α са нормалом на површину шина, $s = \frac{mRv_0}{B^2d^2\cos^2\alpha}$ (3п).
2. По закону одржања енергије, непосредно уз мрежу је $E_{k1} + k_0\frac{q_1q}{R_2} = k_0\frac{q_1q}{R_1}$ (4п), а по проласку $E_{p2} = k_0\frac{q(q_1+q_2)}{R_2}$ (4п). На растојању r је $E_{k1} + E_{p2} = E_k + E_p$ (3п), тј. $k_0\frac{q_1q}{R_1} - k_0\frac{q_1q}{R_2} + k_0\frac{q(q_1+q_2)}{R_2} = \frac{mv^2}{2} + k_0\frac{q(q_1+q_2)}{r}$ (2п). Одатле је брзина на растојању r $v = \sqrt{\frac{2k_0q}{m}\left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2} - \frac{q_1+q_2}{r}\right)}$ (3п). Када $r \rightarrow \infty$, $E_p \rightarrow 0$, па је $v = \sqrt{\frac{2k_0q}{m}\left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2}\right)}$ (4п).
3. Сила затезања нити добија се из другог Њутновог закона примењеног на доњи тег: $F(t) = mg + ma(t)$ (4п), где је $a(t)$ убрзање система у тренутку t . Систем осцилује хармонијски по закону $x(t) = x_0\cos(\omega t)$ (3п), при чему је убрзање $a(t) = -x_0\omega^2\cos(\omega t)$ (3п). Заменом израза за убрзање у израз за силу затезања нити $F(t)$ и имајући у виду да је $|\cos(\omega t)| \leq 1$ (1п), за максималну силу затезања нити добија се $F_{max} = mg + mx_0\omega^2$ (2п), а за минималну $F_{min} = mg - mx_0\omega^2$ (2п). Одузимањем последње две једначине добија се $\omega = \sqrt{\frac{F_{max} - F_{min}}{2mx_0}}$ (2п), па је период осцилација система $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{2mx_0}{F_{max} - F_{min}}} = 0,63$ s (3п).
4. Импедансе кондензатора и калема су $Z_C = \frac{1}{i\omega C}$ (1п) и $Z_L = i\omega L$ (1п), респективно, па је импеданса LC дела кола $Z_{LC} = \frac{Z_L Z_C}{Z_L + Z_C} = \frac{i\omega L}{1 - \omega^2 LC}$ (4п), а укупна импеданса кола је $Z = R + Z_{LC}$ (2п). Амплитуда електричне струје која тече кроз коло је $I = \frac{U_0}{|Z|} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(1 - \omega^2 LC)^2}}} = 2$ mA (6п). Кроз коло неће тећи струја ако је кружна фреквенција извора напона $\omega' = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2500$ rad/s (4п), јер је тада импеданса LC дела кола бесконачна (2п).
5. Индукована ЕМС у контури је $\varepsilon_{ind} = \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$, при чему укупном флуksу Φ кроз контуру доприноси само флуks магнетног поља кроз површину S_{zy} коју ограничава део контуре bc са координатним осама y и z , тј. $\varepsilon_{ind} = S_{zy} \frac{\Delta B}{\Delta t}$, односно $\varepsilon_{ind} = \frac{r^2\pi}{4} \frac{\Delta B}{\Delta t}$ (4п). Промена магнетног поља у времену добија се на следећи начин: $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B(t+\Delta t) - B(t)}{\Delta t}$ (1п), па је $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 30 + 100t + 50\Delta t$ (2п), и кад $\Delta t \rightarrow 0$ важи $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 30 + 100t$ (1п) тј. $\varepsilon_{ind} = \frac{r^2\pi}{4} (30 + 100t)$ (6п). Јачина струје у контури је $I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R}$ (2п), тј. $I = \frac{r^2\pi}{4R} (30 + 100t)$ (3п) и након времена $t_1 = 2$ s износи $I_1 = 0,18$ mA (1п).

Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2021/2022. ГОДИНЕ.**

