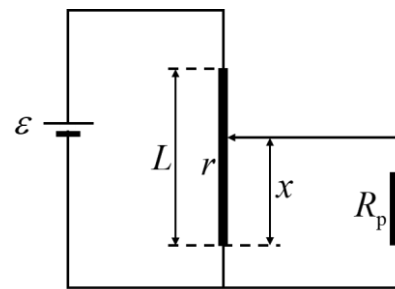




Друштво физичара Србије  
Министарство просвете, науке и технолошког  
развоја Републике Србије  
ЗАДАЦИ

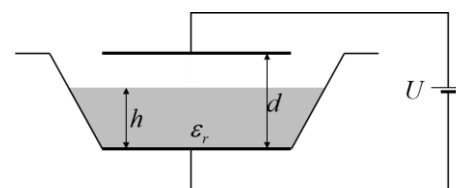
Српска физичка  
олимпијада  
20-21.05.2019.

1. Отпорна жица дужине  $L$ , чија је отпорности по јединици дужине  $r$  у  $[\Omega/\text{m}]$ , је везана у коло са извором електромоторне силе  $\varepsilon$  као на слици 1. Са отпорне жице се помоћу клизача са контактом, узима напон  $U_p$  потребан за рад потрошача отпорности  $R_p$ . Одредити напон на потрошачу,  $U_p$ , за дато растојање  $x$  клизача од почетка жице, као на слици 1. Величине  $L$ ,  $r$ ,  $\varepsilon$ ,  $R_p$  и  $x$  сматрати познатим.



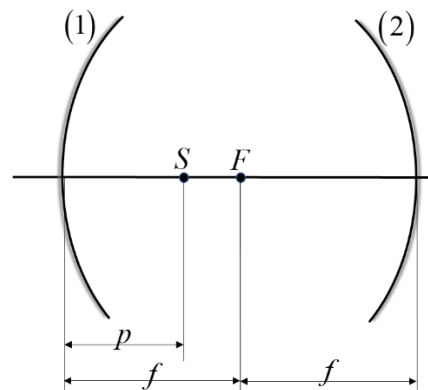
слика 1

2. Раван ваздушни кондензатор, растојања између електрода  $d = 9\text{ mm}$ , смештен је у посуду од изолационог материјала тако да једна електрода лежи на дну посуде. Дебљина електрода је занемарљива. Кондензатор је прикључен на стални напон  $U$  тако да поље у ваздуху између плоча има вредност  $E = 500\text{ kV/m}$ . До које висине  $h$  треба сипати уље диелектричне константе  $\varepsilon_r = 4$  у посуду као на слици 2, да би поље, у делу кондензатора који је остао испуњен ваздухом, имало вредност  $E_1 = 1,5\text{ MV/m}$ ? Кондензатор се може сматрати плочастим и ефекти крајева се могу занемарити.



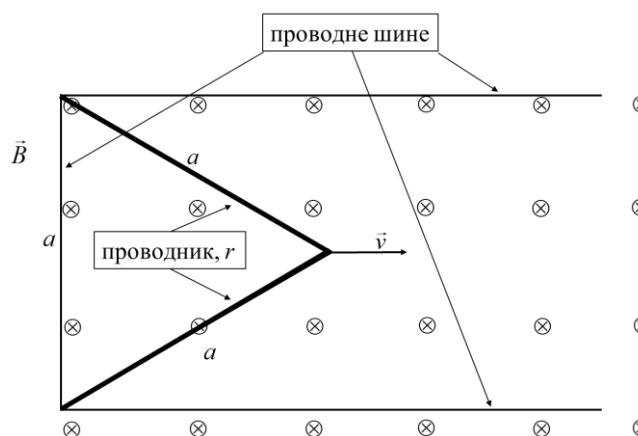
слика 2

3. Два конкавна огледала жижних даљина  $f$ , постављена су једно насупрот другог тако да им се жиже  $F$  поклапају (слика 3). Тачкасти извор светлости  $S$ , постављен је на заједничкој оптичкој оси на растојању  $p$  од првог огледала. Одредити на којој се удаљености од првог огледала добија лик светле тачке  $S$  после одбијања светлости од огледала (1) и потом огледала (2) (размотрити само овај тражени случај, с обзиром да ће доћи до вишеструког одбијања). Величине  $f$  и  $p$  сматрати познатим.



слика 3

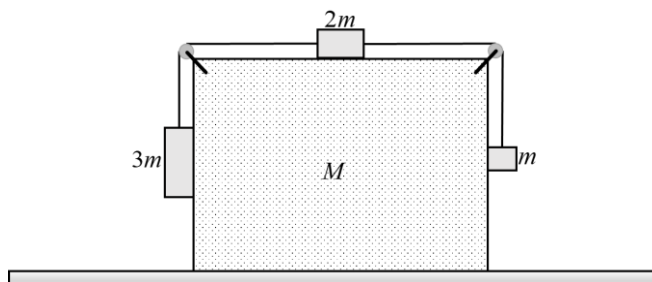
4. Проводник отпорности по јединици дужине  $r = 1\text{ }\Omega/\text{m}$  је савијен као на слици 4 и постављен на проводне шине занемарљиве отпорности. Читав систем се налази у константном и хомогеном магнетном пољу индукције  $B = 0,2\text{ T}$ , нормално управљеном у односу на раван у којој се налази систем (слика 4). Проводник се помера по шинама без трења, константном брзином у равни у којој лежи, у смеру као на слици 4. Израчунати количину наелектрисања  $q$  која протекне кроз попречни пресек проводника док се проводник помери за растојање  $x = 1\text{ m}$ .



слика 4



5. На телу масе  $M = 10 \text{ kg}$  налази се систем тегова повезаним лаким неистегљивим нитима и котовима као на слици 5. Маса тегова су  $m$ ,  $2m$  и  $3m$ , где је  $m = 1 \text{ kg}$ . Коефицијент трења између тела повезаних нитима и тела масе  $M$  износи  $\mu = 0,1$ . Трење између тела масе  $M$  и подлоге је занемарљиво. На почетку сва тела мирују и трења између тела су таква да тела препуштена самима себи почињу да се крећу. Одредити укупну количину топлоте која ће се ослободити у првих  $t = 10 \text{ s}$  кретања тела у систему услед трења. Занемарити евентуално одступање вертикалних нити од вертикалног правца.



слика 5

**Решења детаљно образложити**

Задатаке припремио: др Владимир Марковић ПМФ Крагујевац

Рецензенти: др Бранислава Мисаиловић, Физички факултет Београд

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

**Свим такмичарима желимо успешан рад!**



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКЕ 2018/2019. ГОДИНЕ.**



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

**Српска физичка  
олимпијада  
20-21.05.2019.**

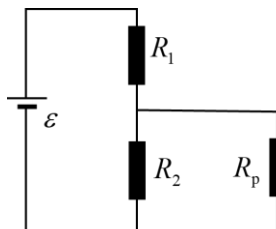
1. Отпорна жица у колу са које се узима одређен напон се понаша као потенциометар са клизачем, који можемо представити као редну везу два отпорника  $R_1$  и  $R_2$ , као на слици 6. Њихове отпорности ће зависити од позиције контакта клизача  $x$ , тј.  $R_1 = r(L - x)$  [2п] и  $R_2 = rx$  [2п]. Отпорници  $R_2$  и  $R_p$  чине паралелну везу и њихова еквивалентна отпорности

износи  $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_p}$  [3п], одакле је  $R_e = \frac{R_2 R_p}{R_2 + R_p}$  [1п]. Сада

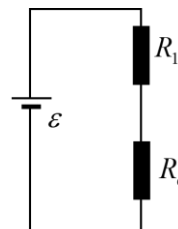
еквивалентна шема изгледа као на слици 7. Омов закон за цело струјно коло гласи  $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_e}$  [3п]. Напон на еквивалентном отпорнику износи  $U = IR_e$  [2п]. Због

паралелне везе отпорника мора важити  $U_p = U$  [1п], тј.  $U_p = \frac{R_e \varepsilon}{R_1 + R_e}$  [1п]. Комбинацијом горњих

једначина добија се да је  $U_p = \frac{rxR_p \varepsilon}{rxR_p + r(L - x)(rx + R_p)}$  [5п].



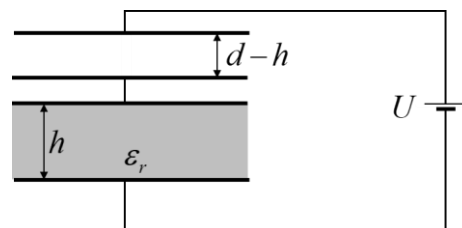
слика 6



слика 7

2. Напон између плоча кондензатора када је испуњен ваздухом износи  $U = Ed$  (4,5kV) [1п]. Када се у посуду дода уље до висине  $h$ , кондензатор испуњен делом уљем и делом ваздухом можемо представити редном везом два кондензатора, један испуњен само ваздухом, а други само уљем, слика 8. Капацитети ових кондензатора су  $C_1 = \varepsilon_0 \frac{S}{d-h}$  [3п] и  $C_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{h}$  [3п]. Еквивалентни

капацитет је  $\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  [2п], тј.  $C_e = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ . Заменом



слика 8

капацитета  $C_1$  и  $C_2$  у израз за еквивалентни капацитет добија се  $C_e = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{h + \varepsilon_r (d-h)}$  [3п]. Количина

наелектрисања на оба кондензатора је иста и износи  $Q = C_e U$  [1п]. Напон на кондензатору који за

диелектрик има ваздух износи  $U_1 = \frac{Q}{C_1}$  [1п], тј.  $U_1 = \frac{\varepsilon_r (d-h) U}{h + \varepsilon_r (d-h)}$  [1п]. Јачина електричног поља у делу где

се налази ваздух је  $E_1 = \frac{U_1}{d-h}$  [2п], тј.  $E_1 = \frac{\varepsilon_r U}{h + \varepsilon_r (d-h)}$ , одакле је  $h = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_r - 1} \left( d - \frac{U}{E_1} \right) = 8 \text{ mm}$  [2+1п].

3. По одбијању од огледала (1) добија се имагинаран лик на растојању  $l$  од огледала, слика 9.

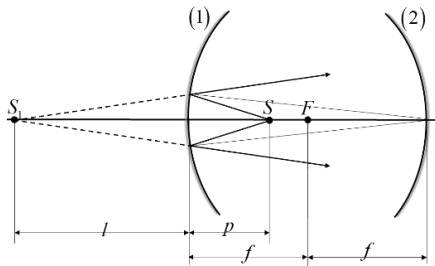
Једначина огледала гласи  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{l}$  [3п], одакле је  $l = \frac{pf}{f-p}$  [3п]. Лик огледала (1),  $S_1$ , је сада

предмет за огледало (2) и налази се на растојању  $p_1 = 2f + l$  [2п], слика 10. Сада предмет  $S_1$  за огледало (2) даје реалан лик на растојању  $l_2$  од огледала (2), слика 11. Једначина огледала

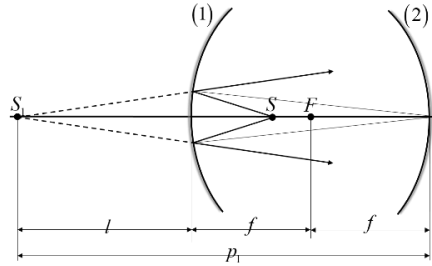
гласи  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{l_2}$  [3п], одакле је  $l_2 = \frac{f(2f+l)}{f+l}$  [2п], где се заменом вредности  $p_1$  добија израз



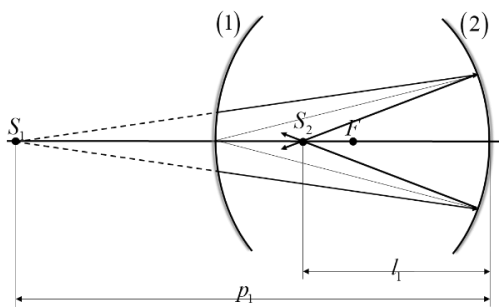
$l_1 = \frac{f(2f+l)}{f+l}$  [2п]. Заменом израза за  $l$  у претходни израз и сређивањем истог добија се да је  $l_1 = 2f - p$  [2п], одакле се може закључити да се лик од огледала (2) поклапа са светлом тачком  $S$  [2п], слика 12.



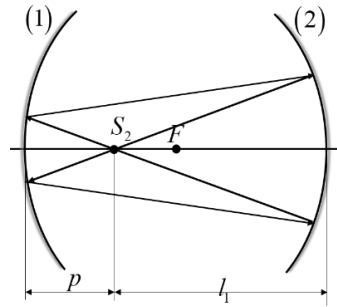
Слика 9



Слика 10



Слика 11



Слика 12

4. Индукована електромоторна сила унутар затворене контуре која се креће у магнетном пољу износи  $\varepsilon = \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$  [1п], где је  $\Delta\Phi = B\Delta S$  [1п] промена флукса, тј.  $\Delta S = S_2 - S_1$  [1п]. Са слике 13 се могу одредити

површине  $S_1 = \frac{1}{2}ah$  [2п] и  $S_2 = ax + \frac{1}{2}ah$  [2п], где је  $h$

висина троугла. Заменом у горњи израз добија се  $\Delta S = ax$  [2п], тј.  $\Delta\Phi = Bax$  [2п]. Електромоторна сила која се

индукује у контури је  $\varepsilon = \frac{Bax}{\Delta t}$  [2п], где је  $\frac{x}{\Delta t} = v$ . Како је

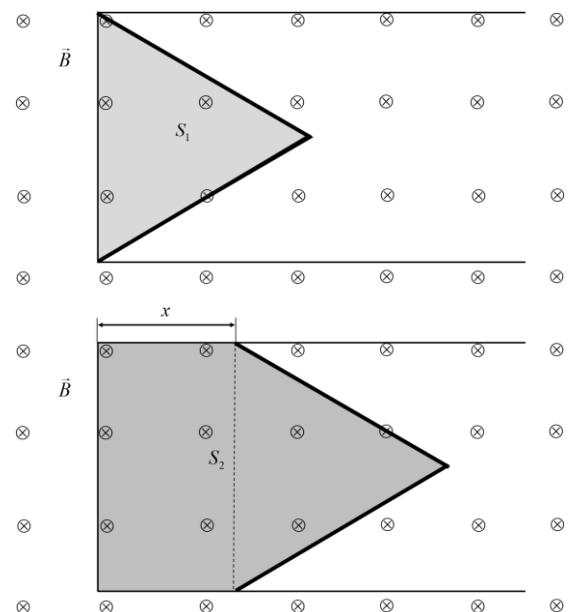
брзина кретања контуре константна, електромоторна сила која се индукује у контури ће бити константна, што ће довести до протицања константне једносмерне струје у колу. Укупна отпорност читаве контуре износи  $R = r \cdot 2a$

[1п], па је према Омовом закону струја у колу  $i = \frac{\varepsilon}{R}$  [1п].

Количина наелектрисања која протекне кроз коло се може одредити познавајући струју која протиче кроз коло

$\Delta q = i\Delta t$  [2п], што даје  $\Delta q = \frac{\varepsilon}{R} \frac{\Delta\Phi}{\varepsilon}$ , тј.  $\Delta q = \frac{Bx}{2r} = 0,1\text{C}$

[2+1п].



слика 13



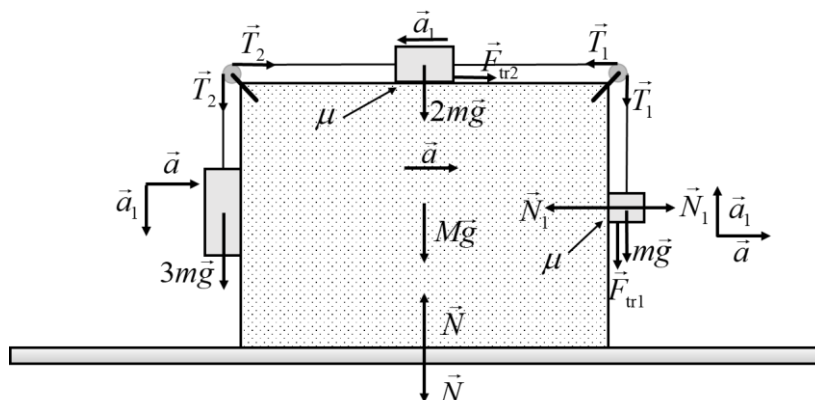
5. Силе које делују на тела су приказане на слици 14. Тело масе  $3m$  ће почети да пада, тело масе  $2m$  ће се кретати улево, тело масе  $m$  ће се кретати навише у односу на тело масе  $M$ , док ће се тело масе  $M$  кретати удесно. Између тела масе  $m$  и  $M$  јавиће се сила реакције подлоге. Тело масе  $3m$  неће деловати силом на тело масе  $M$  и по поставци задатка нити остају паралелне. Због тога тело масе  $3m$  се неће одвојити од тела масе  $M$ , али га неће ни притискати. Једначине кретања тела повезана неистегљивом нити су  $3ma_1 = 3mg - T_2$  [2п],  $2ma_1 = T_2 - F_{\text{тр}2} - T_1$  [2п] и  $ma_1 = T_1 - mg - F_{\text{тр}1}$  [2п] у правцу нити. За тело масе  $M$  једначина кретања гласи  $Ma = T_2 - F_{\text{тр}2} - T_1 - N_1$  [2п]. Силе трења и реакције подлоге су  $F_{\text{тр}1} = \mu N_1$  [1п],  $F_{\text{тр}2} = \mu 2mg$  [1п],  $N_1 = ma$  [1п]. Сабирањем прве три једначине добијамо израз  $6a_1 + \mu a = 2g(1 - \mu)$ .

Елиминисањем  $T_1$  и  $T_2$  у четвртој једначини добија се израз  $a_1 = \frac{M+m}{2m}a$ . Сређивањем последње две

једначине добијају се убрзања  $a = \frac{2mg(1-\mu)}{3M+(3+\mu)m}g \left(0,53 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$  [2п] и  $a_1 = \frac{(M+m)(1-\mu)}{3M+(3+\mu)m}g \left(2,93 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$  [2п]

. Количина топлоте која се ослободи радом силе трења је  $Q = A_{\text{тр}} = (F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2})x$  [2п], где је  $x = \frac{1}{2}a_1t^2$  [1п]

пређени пут тела маса  $m$  и  $2m$ , тј.  $Q = \frac{1}{2}(\mu ma + 2\mu mg)a_1t^2 \approx 295,7 \text{ J}$  [1+1п].



слика 14