



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.**



**III
РАЗРЕД**

**Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије**

**ДРЖАВНИ НИВО
29.04.2023.**

ЗАДАЦИ - БЕТА КАТЕГОРИЈА

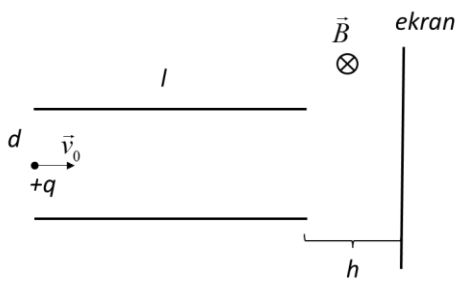
1. [20п] Наелектрисана честица, количине наелектрисања $q = 50 \text{ nC}$, масе $m = 10^{-21} \text{ kg}$, упада између плоча равног кондензатора нормално на правац електричног поља, брзином $v_0 = 10^5 \text{ m/s}$. Јачина електричног поља износи $E = 1 \text{ kV/m}$. Дужина плоче кондензатора износи $l = 0,1 \text{ m}$ (слика 1). Након изласка наелектрисане честице из кондензатора, уз ивицу горње плоче, укључује се хомогено магнетно поље, вектора магнетне индукције $B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$, чији је правац нормалан на вектор електричног поља. Одредити растојање екрана (заклона) од кондензатора, тако да честица након излаза из кондензатора додирује (тангира) екран. Електрично поље ван кондензатора занемарити.
2. [15п] Електрично коло наизменичне струје (слика 2) састоји се од извора напона, кружне фреквенције $\omega = 314 \text{ s}^{-1}$, термогеног отпорника отпорности $R_l = 1,5 \text{ k}\Omega$, и кондензатора капацитета C . Одредити капацитет кондензатора ако је познато да је фактор снаге кола једнак $\cos(\phi) = 0,427$. Израчунати модуло импедансе кола и однос напона на кондензатору и извору.
3. [20п] Клуглица масе m , и количине наелектрисања q , налази се у тачки А (слика 3), обешена је лаком неистегљивом нити од изолованог материјала, о тачку О. У тачки В, на растојању l од тачке А, налази се друга непомична куглица, количине наелектрисања $-q$. Прва куглица се изведе из тачке А, у положај тако да нит са вертикалном осом заклапа угао од 60° и пусти. Одредити брзину коју ће имати куглица у тачки А.
4. [20п] Звучни извор масе $m_l = 10 \text{ g}$ који емитује звук фреквенције $f_0 = 10 \text{ kHz}$ и пријемник Р, масе $m_p = 20 \text{ g}$ причвршћени су опругама, коефицијента еластичности $k_l = 0,1$ и $k_p = 0,15$ (слика 4). Извор и пријемник се изведу из равнотежног положаја за $x_{l0} = 0,2 \text{ m}$ и x_{p0} и препусте малим осцилацијама. Ако пријемник региструје звук у распону фреквенција од $\Delta f_0 = 100 \text{ Hz}$, одредити амплитуду осциловања пријемника. Брзина звука је $u = 340 \text{ m/s}$.
5. [25п] Два цилиндрична штапа једнаких дужина l и једнаких површина попречног пресека S , али од различитих материјала, Јангових модула E_1 и E_2 , постављена су између два масивна зида (види слику 5). Штаповисе загреју за Δt , али се њихова дужина не мења.
 - а) Изведите општи израз за силу F узајамног дејства којом штаповиделују један на други како неби променили дужину, ако су њихови коефицијенти линеарног топлотног ширења α_1 и α_2 .
 - б) Мерења зависности силе F од загревања штапова Δt извршена су када су материјали од којих су израђени штапови никл ($E_1 = 200 \text{ GPa}$, $\alpha_1 = 13,4 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) и гвожђе ($E_2 = 211 \text{ GPa}$, $\alpha_2 = 11,8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), и резултати су приказани у табели:

$F/(10^5 \text{ N})$	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\Delta t/(\text{ }^\circ\text{C})$	20	40	60	80	100

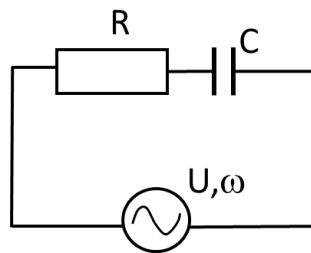
Релативне грешке за оба параметра током мерења износиле су 5%. На основу добијеног графика $F = f(\Delta t)$ израчунајте вредност попречног пресека штапова S .



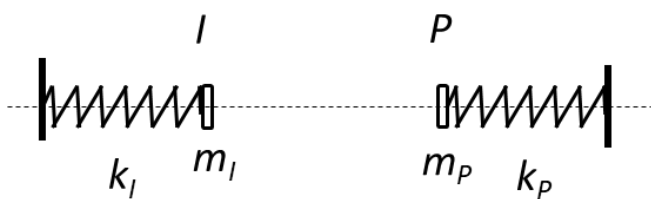
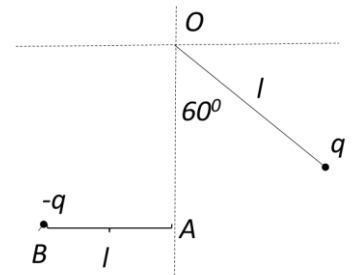
ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.



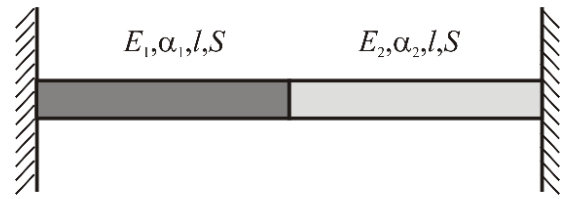
Слика 1
Слика 3



Слика 2



Слика 4



Слика 5

Напомене: Сва решења детаљно објаснити.
Свим такмичарима желимо успешан рад !

Задатке припремили: (1-4) проф. др Ненад Стевановић, Природно-математички факултет, Крагујевац
(5) др Драгана К. Маркушев, Институт за физику, Београд
Рецензенти: доц. др Момир Арсенијевић и Жељко Цимбаљевић, Природно-математички факултет,
Крагујевац и (5) др Драган Д. Маркушев, Институт за физику, Београд
Председник комисије: проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад

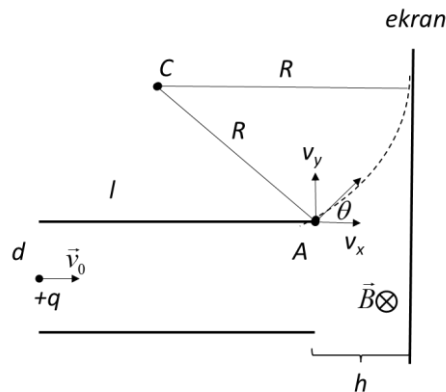


III
РАЗРЕД

Друштво физичара Србије
Министарство просвете Републике Србије
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА-БЕТА КАТЕГОРИЈА

ДРЖАВНИ НИВО
29.04.2023.

Кретање наелектрисане честице у кондензатору по x оси је равномерно, па је брзина кретања честице по x оси $v_x = v_0$ [2п]. По y -оси кретање честице је под дејством електричног поља, па се брзина мења као $v_y = \frac{qE}{m}t$ [2п]. На излазу из кондензатора, у тачки А, компоненте брзине честице су $v_x = v_0$ [2п] и $v_y = \frac{qE}{m} \left(\frac{l}{v_0} \right)$ [2п]. Угао под којим честица излази из кондензатора у односу на правац x -осе, односно на правац плоче кондензатора, је $\theta = \arctan \left(\frac{v_y}{v_x} \right) = \arctan \frac{qE}{m} \left(\frac{l}{v_0^2} \right) = 89,99^\circ$ [3п]. При изласку из кондензатора, на честицу престаје да делује електрично поље, већ се, према задатку, укључује магнетно поље, и честица наставља да се креће кружном путањом радијуса $R = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{m}{qB} \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{qE}{m} \frac{l}{v_0} \right)^2} = 2\text{cm}$ [3п]. Центар кружнице се налази на правцу који је нормалан на вектор брзине честице у тачки А, и пролази кроз тачку А. Положај центра кривине по x -оси у односу на тачку А износи $l_c = R \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) = R \sin(\theta) = 1.99999695\text{cm}$ [3п], одакле следи да је растојање екрана од кондензатора једнако



$$h = R - l_c = 3.49 \cdot 10^{-6} \text{ cm} \quad [2+1\text{п}]$$

1. Отпорност кондензатора је $X_C = \frac{1}{\omega C}$ [1п], а отпорност отпорника је R [1п]. Импеданса кола једнака је $\bar{Z} = R - j \frac{1}{\omega C} = R - jX_C$ [2п]. Фазни померај између јачине струје и напона извора износи $\tan \phi = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{\omega RC}$ [2п]. Из ове релације се добија $C = \frac{1}{\omega R \tan \phi} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ [2+1п]. Модуло импедансе једнак је $|\bar{Z}| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} \right)^2} = 3520,28 \Omega$ [2+1п].

Однос напона на отпорнику и на извору једнак је односу отпорности кондензатора и модула импедансе кола

$$\frac{U_C}{U} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{|\bar{Z}|} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} \right)^2}} = 0,904 \quad [2+1\text{п}].$$

2. Када се куглица изведе из тачке А, налази се на висини $h = \frac{l}{2}$ [2п] у односу на тачку А, а по

хоризонталном правцу је на растојању $l_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}l$ [2п] од тачке А. Потенцијална енергија куглице, услед дејства

гравитационе силе износи $E_{pg1} = mgh = mg \frac{l}{2}$ [2п]. Растојање прве куглице од тачке В износи $r = \sqrt{(l_1 + l)^2 + h^2} \approx 1,93l$

[2п] па је потенцијална енергија куглице услед Кулонове силе једнака $E_{pe1} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{1,93l}$ [2п]. У тачки А

куглица нема потенцијалну енергију услед гравитационе силе $E_{pg2} = 0$ [2п], а потенцијална енергија услед



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.**



Кулонове силе износи $E_{pe2} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{l}$ [2п]. Примењујући закон одржања енергије $E_{pg1} + E_{pe1} = E_{pe2} + \frac{mv^2}{2}$ [2п],

може се израчунати брзина $v = \sqrt{\frac{2}{m}(E_{pg1} + E_{pe1} - E_{pe2})}$ [2п] односно, добија се $v = \sqrt{\left(g l + 0.48 \frac{1}{2\pi m \epsilon_0} \frac{q^2}{l}\right)}$ [2п].

3. Кружна фреквенција осциловања извора је једнака $\omega_I = \sqrt{\frac{k_I}{m_I}} = 3,16 s^{-1}$ [1+1п], а кружна фреквенција

пријемника једнака је $\omega_P = \sqrt{\frac{k_P}{m_P}} = 2,74 s^{-1}$ [1+1п]. Максимална брзина којом се може кретати извор, пролазећи кроз равнотежни положај, износи $v_{I\max} = \omega_I x_{I0}$ [1п], док максимална брзина пријемника је једнака $v_{P\max} = \omega_P x_{P0}$ [1п].

Минимална фреквенција коју може регистровати пријемник је када се извор и пријемник међусобно удаљавају, пролазећи кроз равнотежне положаје $f_{\min} = f_0 \frac{u - v_{P\max}}{u + v_{I\max}}$ [3п], док је максимална фреквенција звука коју

пријемник може регистровати, када се међусобно приближавају пролазећи кроз равнотежне положаје, једнака $f_{\max} = f_0 \frac{u + v_{P\max}}{u - v_{I\max}}$ [3п]. Разлика ових фреквенција износи $\Delta f = f_0 \frac{2u(v_{P\max} + v_{I\max})}{(u - v_{I\max})(u + v_{I\max})}$ [3п]. Из ове релације добија се да

је $v_{P\max} = \frac{(u^2 - v_{I\max}^2) \Delta f}{2u f_0} - v_{I\max}$ [2п]. Коначно се за амплитуду осциловања пријемника добија $x_{P0} = \frac{v_{P\max}}{\omega_P} = 0,38 m$ [2+1п]

5.a) Укупно издужење ова два штапа услед загревања, у слободном стању, износило би, уз услов $l_1 = l_2 = l$:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 = (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2) \Delta t = (\alpha_1 + \alpha_2) l \Delta t. \quad (2п)$$

Ако им се дужина не мења, то значи да постоје силе које делују насупрот ширењу смањујући им дужину за исти износ Δl :

$$\Delta l = \frac{1}{E_1} l_1 \frac{F}{S} + \frac{1}{E_2} l_2 \frac{F}{S} = \frac{E_1 + E_2}{E_1 E_2} l \frac{F}{S}, \quad (2п)$$

Комбинацијом ове две једначине добијамо да је

$$F = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} (\alpha_1 + \alpha_2) S \Delta t. \quad (2п)$$

б) На основу резултата претходне анализе јасно је да се може написати да је $F = k \Delta t$, где је коефицијент правцазависности $F = f(\Delta t)$ једнак:

$$k = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} (\alpha_1 + \alpha_2) S. \quad (2п)$$

Њега израчунавамо тако што, на основу података из поставке задатка и израчунатих апсолутних грешака задатих величина (2п)

$\Delta(\Delta t)/(^{\circ}C)$	$\Delta F/(10^5 N)$
1	0,05
2	0,10
3	0,15
4	0,20
5	0,25

нацртамо график зависности $F = f(\Delta t)$, повучемо праву која пролази кроз мерене тачке и полази из координатног почетка, и са те праве прочитамо координату тачке А изабране као на слици. Тако је



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2022/2023. ГОДИНЕ.**



$$k = \frac{y_A}{x_A} = \frac{4,5 \cdot 10^5 \text{ N}}{90 \text{ }^\circ\text{C}} = 5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{^\circ\text{C}}, \text{ (2п)}$$

и

$$\Delta k = k \left(\frac{\Delta y_A}{y_A} + \frac{\Delta x_A}{x_A} \right) = 5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{^\circ\text{C}} \left(\frac{0,225}{4,5} + \frac{4,5}{90} \right) = 5 \times 10^2 \frac{\text{N}}{^\circ\text{C}}, \text{ (2п)}$$

па је

$$k = (5,0 \pm 0,5) \times 10^3 \frac{\text{N}}{^\circ\text{C}}. \text{ (1п)}$$

Сада је

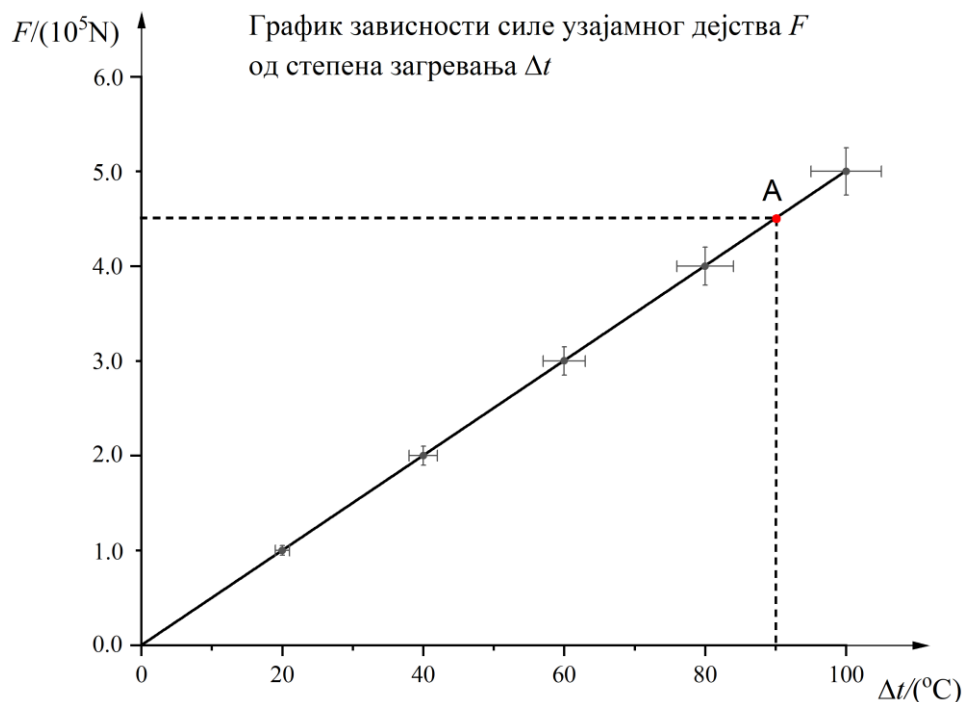
$$S = \frac{E_1 + E_2}{(\alpha_1 + \alpha_2) E_1 E_2} k = 19,324 \times 10^{-4} \text{ m}^2, \text{ (2п)}$$

и

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta k}{k}, \text{ тј. } \Delta S = S \frac{\Delta k}{k} = 1,9324 \times 10^{-4} \text{ m}^2, \text{ (2п)}$$

што на крају пишемо да је:

$$S = (19 \pm 2) \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (1п)}$$



(5п)

Негативни поени за график, између осталог за:

- Без наслова -0.5 (наслов није $F = F(\alpha)$)
- Лоша размера -0.5 (график заузима мање од 1/4 простора папира)
- Недостају јединице -0.5
- Унете на осе мерене бројне вредности -0.5
- Ако изабране тачке нису између 1. и 2, односно претпоследње и последње експерименталне -0.5
- Изабрane тачке нису у мереном опсегу -1
- Нису нанете грешке -0.5
- Лоша размера подеока -0.5

Негативни поени за рачун, између осталог за:

- Лоша размера – за коефицијент правца 50% предвиђених бодова
- Ако нису изабране добре тачке са графика – за тражене величине 50% предвиђених бодова
- Лоше заокруживање резултата или грешке, по -0.5 поена.
- Коришћење експерименталних тачака уместо тачака са графика не доноси поене, осим поена за линеаризацију.

НАПОМЕНА: Пошто график пролази кроз координатни почетак (сигурна тачка је 0,0) довољна је једна неекспериментална тачка (В), између претпоследње и последње експерименталне тачке, за одређивање коефицијента правца (грешка овог одређивања је мања). Прихватају се решења и са једном и са две неексперименталне тачке.