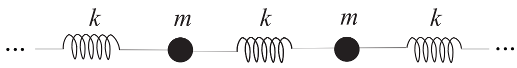
XXXVIII САВЕЗНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2002/2003. ГОДИНЕ

Бечићи, 30. мај – 1. јун 2003. године

Теоријски задаци за III разред

1. Дуж хоризонталне праве налази се бесконачан низ идентичних куглица маса m повезаних опругама истих коефицијената еластичности k и дужина у недеформисаном стању l_0 (слика 1). У овом систему се лонгитудинално простире синусоидалан механички талас фреквенције ω. Наћи интензитет брзине c овог таласа сматрајући амплитуде осциловања куглица много мањим од дужине l_0. (20 п.)



Слика 1

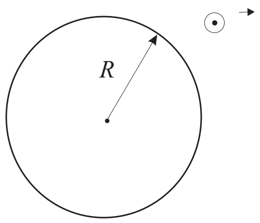
2. Размотрити описане процесе електромагнетне индукције у металној плочи облика ваљка, масе $m = 1\,\mathrm{kg}$, полупречника основе $R = 25\,\mathrm{cm}$ и дебљине $d = 1\,\mathrm{mm}$.

   а) Наћи разлику потенцијала U између центра и обода плоче ако она ротира око своје осе угаоном брзином интензитета $\omega = 1000\,$обртаја/min (слика 2а).

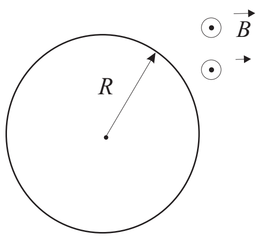
   б) Наћи разлику потенцијала U између центра и обода плоче ако она ротира око своје осе угаоном брзином интензитета $\omega = 1000\,$обртаја/min и при том се налази хомогеном магнетном пољу индукције интензитета $B = 10\,\mathrm{mT}$, чији се правац и смер поклапа са правцем и смером угаоне брзине плоче $\vec{\omega}$ (слика 2б).

   ц) Наћи интензитет убрзања слободног пада плоче (слика 2ц) у хомогеном магнетном пољу индукције интензитета $B = 10\,\mathrm{mT}$, чији је правац паралелан са основама плоче.

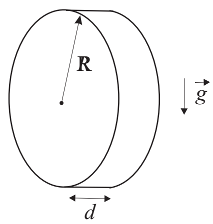
(15 п.)



Слика 2а



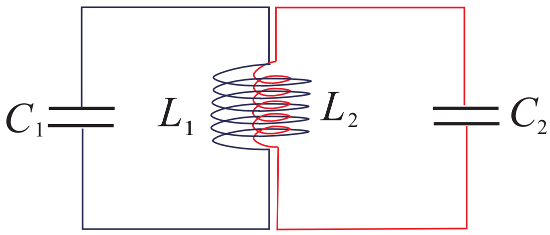
Слика 2б



Слика 2ц

3. Нормално на дифракциону решетку константе a пада узан сноп светлости која се састоји из две компоненте таласних дужина λ_1 и λ_2. На растојању L од дифракционе решетке и паралелно са њом постављен је заклон на којем се посматра дифракциона слика. На њој се уочава да се дифракциони максимуми реда k_1 светлости таласне дужине λ_1 и реда k_2 светлости таласне дужине λ_2 поклапају. Под којим условом долазаи до поклапања максимума? Да би се ова појава избегла, непосредно иза прве дифракционе решетке поставља се још једна, идентична и паралелна првој, али чији су зарези под правим углом у односу на зарезе прве решетке. Како изгледа дифракциона слика која се добија у овом случају? Да ли ће се и сада на заклону поклапати посматрани дифракциони максимуми? Одредити њихов положај на заклону (мерен у односу на централни максимум), ако одговарају редовима n_1 (за таласну дужину λ_1), односно n_2 (за таласну дужину λ_2) друге дифракционе решетке. (15 п.)

4. На слици 3 приказана су два LC-кола за која је $L_1C_1 = L_2C_2 = 1/\omega_0^2$. Ова два кола су магнетно спрегнута: магнетни флукс у левом калему дат је са $\Phi_1 = L_1I_1 + MI_2$, а у десном калему са $\Phi_2 = L_2I_2 + MI_1$, где су I_1 и I_2 јачине струје у левом и десном калему, а M је коефицијент узајамне индуктивности. Изразити коефицијент M помоћу индуктивности калемова L_1 и L_2 и површина њихових попречних пресека S_1 и S_2. Израчунати резонантне фреквенције овог кола разматрајући пражњење кондензатора капацитета C_1, који је у почетном тренутку наелектрисан, док је други кондензатор празан. (20 п.)



Слика 3

У решавању задатака од користи могу бити нумеричке вредности следећих физичких константи: $g = 9.81\,\mathrm{m/s^2}$, $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{C^2/Nm^2}$, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$.

Задатке припремила: Татјана Тошић
Рецензент: Антун Балаж
Председник комисије: др Мићо Митровић

Југословенско друштво физичара
Министарство просвјете и науке Републике Црне Горе
Министарство просвете и спорта Републике Србије
Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске

38. Савезно такмичење из физике

III и IV разред

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Мерење капацитета кондензатора помоћу струјног извора

ПРИБОР

3. Извор константне струје
4. Напонски компаратор
5. Линеарни потенциометар
6. Референтни напонски извор +5V
7. Тастер прекидач
8. Ваш часовник као штоперица – хронометар
9. Кондензатор капацитета $C = 470\,\mu F$ занемарљиве грешке капацитета
10. Кондензатор непознате вредности капацитета
11. 2 кабла

ЗАДАЦИ

1. Извршити калибрацију линеарног угаоног потенциометра, тј. одредити вредност подеока на скали потенциометра. Проценити грешку мерења. (5 поена)

Препорука: Користити референтни напонски извор и компаратор.

2. Одредити јачину струје коју даје струјни извор. Проценити грешку мерења. (15 поена)

Препоруке: Пратити процес пуњења кондензатора познатог капацитета. Успоставити линеарну везу између физичких величина које карактеришу пуњење кондензатора и које се могу мерити прибором којим располажете.

При мерењу користити дати струјни извор, потенциометар и компаратор напона.

Напомена: Кондензатор се празни кратким спојем плоча притиском тастер прекидача у минималном трајању од 10 секунди. Када тастер није притиснут, струјни извор пуни кондензатор.

3. Одредити капацитет кондензатора непознатог капацитета. Проценити грешку мерења. (10 поена)

ВАЖНЕ НАПОМЕНЕ!!!

1. Кондензатори који се користе за мерења су електролитички и дефинисан им је поларитет, тј. један крај је дефинисан као + , а други као -. Црвеном бојом је обележен + улаз кондензатора, док је црном обележен – крај. На исти начин је обележен и поларитет струјног извора.

УЛАЗ КОНДЕНЗАТОРА КОЈИ ЈЕ ОБЕЛЕЖЕН СА ЦРВЕНОМ БОЈОМ МОЖЕ СЕ ВЕЗАТИ САМО ЗА ИЗЛАЗ СТРУЈНОГ ИЗВОРА ОБЕЛЕЖЕН ЦРВЕНОМ БОЈОМ. НА ИСТИ НАЧИН СЕ СПАЈАЈУ ЦРНИ КРАЈЕВИ КОНДЕНЗАТОРА И СТРУЈНОГ ИЗВОРА.

2. Кондензаторе пуните напонима који су мањи или једнаки напону на крајевима референтног извора.

Опис електонских елемената потребних за мерење

Иделани струјни извор је електронски уређај који на свом пару излазних крајева даје константну вредност струје независно од отпора потрошача прикљученог на његов излаз, односно независно од напона који се успоставља на његовим крајевима. У случају када напон на крајевима струјног извора расте, уређај мора да развија већу снагу да би одржао вредност струје константном. Реални струјни извори се понашају готово идеално али само у одређеном напонском опсегу од (0-Vmax).

Напонски компаратор је електронски уређај који на два своја улаза пореди њихове потенцијале и на излазу даје "логичке" напоне, који су углавном дефинисани као 0V (логичка нула) и ц (логичка јединица), као индикацију стања на улазима. Уколико је на + улазу потенацијал већи од потенцијала на – улазу на излазу напонског компаратора се генерише логичка јединица, односно напон од +5V. На излазу компаратора који имате у прибору постављена је лед диода која у случају логичке јединице светли указујући на стање на улазима. Уколико је на + улазу потенацијал мањи или једнак потенцијалу на – улазу на излазу напонског компаратора се генерише логичка нула , односно напон од 0 V те диода не светли.

Линеарни потенциометар је електрични уређај који на свом излазу даје потенцијал који је у корелацији са положајем његовог показивача. Потенцијал се на излазу може да се мења континуално од 0 до Vmax и линеарно зависи од положаја показивача. Линеарни потенциометар конструише се као хомогена отпорна жица или површина са клизачем, на чијим се крајевима доводе Vmin и Vmax потенцијал, а клизач у зависности од свог положаја дели укупан отпор на одређене делове и на тај начин формира делитељ напона. У вашем прибору имате такозвани угаони линеарни потенциометар код кога је потенцијал на излазу пропорционалан углу под којим је постављен клизач у односу на уземљени крај потенциометра.

Референти напонски извор је електронски је уређај који на свом излазу даје тачно одређен потенцијал у односу на масу (односно уземљење) уређаја. Обично се користи за контролу или калибрацију других електронских елемената. Референтни извор у вашем прибору даје на излазуј потенцијал +5V.

Задатак саставио:
Др Горан Попарић

Рецензент:
Др Мићо Митровић

XXXVIII САВЕЗНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА ШКОЛСКЕ 2002/2003. ГОДИНЕ

Бечићи, 30. мај – 1. јун 2003. године

Решења теоријских задатака за III разред

1. Нека су x_{n-1}, x_n и x_{n+1} одступања од равнотежних положаја узастопних куглица означених бројевима $(n-1)$, n и $(n+1)$. Интензитет еластичне силе F_n која делује на n-ту куглицу је $F_n = k(x_{n+1}-x_n) - k(x_n - x_{n-1})$. Како је $x_{n-1} = A\sin(\omega t - 2\pi(n-1)l/\lambda)$, $x_n = A\sin(\omega t - 2\pi nl/\lambda)$ и $x_{n+1} = A\sin(\omega t - 2\pi(n+1)l/\lambda)$, где је λ таласна дужина лонгитудиналног таласа, уз коришћење одговарајућих тригонометријских идентитета добијамо $F_n = -4kA\sin^2(\pi l/\lambda)\sin(\omega t - n\pi l/\lambda)$. За осцилаторно кретање важи $F_n = -m\omega^2 x_n$, па је фреквенција таласа $\omega = 2\sqrt{k/m}\sin(\pi l/\lambda)$. Одавде је таласна дужина $\lambda = \pi l/\arcsin(\frac{\omega}{2}\sqrt{\frac{m}{k}})$. Из $\omega = 2\pi c/\lambda$ следи тражена брзина таласа $c = \omega l/2\arcsin(\frac{\omega}{2}\sqrt{\frac{m}{k}})$.

2. а) Услед ротације плоче електрони се крећу дуж радијуса ка ободу, све док интензитет овако насталог радијалног електричног поља $E(r)$ не постане довољно велик да за свако $r \in (0, R)$ важи $m_e\omega^2 r = eE(r)$, што представља услов мировања слободних електрона у односу на плочу. Одавде за интензитет радијалног електричног поља добијамо $E(r) = m_e\omega^2 r/e$. Ако изделимо полупречник R кружне плоче на веома велики број n делића, сваки величине $\Delta r = R/n$, тражени напон U има облик $U = \sum_{i=1}^{n}\Delta\varphi_i$, где је $\Delta\varphi_i = E(i\Delta r)\Delta r$ разлика потенцијала између крајева $(i-1)$-ог и i-тог делића. Како је

$$U = \Delta r\sum_{i=1}^{n} m_e\omega^2 i\Delta r/e = \frac{m_e\omega^2(\Delta r)^2}{e}\sum_{i=1}^{n} i = \frac{m_e\omega^2(\Delta r)^2}{e}(1+2+\cdots+n) = \frac{m_e\omega^2(\Delta r)^2}{e}\,\frac{n(n+1)}{2},$$

   за $n \to \infty$ је $n \approx (n+1)$, па је $U = m_e\omega^2(n\,\Delta r)^2/2e = m_e\omega^2 R^2/2e$. Након замене нумеричких вредности је $U \approx 1\,\mathrm{nV}$.

   б) Једина измена у односу на први део задатка је постојање Лоренцове силе која делује на електроне, па једначина мировања електрона у односу на плочу има облик $m_e\omega^2 r = eE(r) - e\omega rB$. За тражени напон добијамо $U = \omega R^2(m_e\omega + eB)/2e$. Након замене нумеричких вредности је $U \approx 0.03\,\mathrm{V}$.

3. Из једнакости $a\sin\theta = k_1\lambda_1$ и $a\sin\theta = k_2\lambda_2$, где је θ угао скретања који одговара посматраним максимумима, добијамо тражени услов $k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$. Дифракциона слика састоји се од низа максимума на заклону, који леже на правој нормалној на правац зареза на решетци. Након постављања друге дифракционе решетке, сваки првобитни максимум ће дати нову дифракциону слику, али у правцу нормалном на првобитни правац, тако да ћемо добити заправо једну правоугаону мрежу максимума. При томе, максимуми у којима је досло до поклапања даће две независне дифракционе слике. За максимуме реда n_1 и n_2 важи $a\sin\varphi_1 = n_1\lambda_1$, као и $a\sin\varphi_2 = n_2\lambda_2$. Њихова растојања од централног максимума су $d_1 = L\sqrt{\tan^2\theta + \tan^2\varphi_1}$ и $d_2 = L\sqrt{\tan^2\theta + \tan^2\varphi_2}$, где је $\tan\theta = k_1\lambda_1/\sqrt{a^2 - k_1^2\lambda_1^2}$, а $\tan\varphi_{1,2} = n_{1,2}\lambda_{1,2}/\sqrt{a^2 - n_{1,2}^2\lambda_{1,2}^2}$, што се добија из горњих услова за постојање максимума.

4. Магнетни флукс унутар калема је $\Phi = BNS$, где је N број навоја жице, а S је попречни пресек калема, па из $\Phi = LI$ добијамо $B = \mu_0 NI/l$. Компонента магнетног флукса кроз калем индуктивности L_2 услед присуства калема индуктивности L_1 је $\Phi_{21} = N_2\Phi_{11}$, где је $\Phi_{11} = B_1S_1 = \mu_0 N_1 S_1 I_1/l$ магнетни флукс по једном навојку првог калема. Одавде је коефицијент узајамне индуктивности калемова $M = \Phi_{21}/I_1 = \mu_0 N_1 N_2 S_1/l$, односно $M = k\sqrt{L_1L_2}$, где је $k = \sqrt{S_1/S_2} < 1$. Ако су i_1 и i_2 тренутне вредности јачина струја, II Кирхофов закон гласи $i_1L_1\omega + i_2M\omega - i_1/C_1\omega = 0$ и $i_2L_2\omega + i_1M\omega - i_2/C_2\omega = 0$. Изражавањем струје i_2 из друге једначине и убацивањем у прву једначину, добијамо релацију $i_1\left(L_1\omega - 1/C_1\omega - M^2\omega^2/(L_2\omega - 1/C_2\omega)\right) = 0$. За случај резонанције израз у загради мора бити једнак нули. Користећи услов $L_1C_1 = L_2C_2 = 1/\omega_0^2$, па су резонантне фреквенције $\omega_{1,2}^2 = \omega_0^2(1 \pm k)/(1-k^2)$, тј. $\omega_1 = \omega_0/\sqrt{1-k}$ и $\omega_2 = \omega_0/\sqrt{1+k}$.

Задатке припремила: Татјана Тошић
Рецензент: Антун Балаж
Председник комисије: др Мићо Митровић

РЕШЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ЗАДАТКА ЗА III и IV РАЗРЕД

1.Референтни потенцијал доведен на + компаратора, а потенцијал са клизача потенциометра на -. Гашењеи паљење лед диоде на 20 подеоку показује да је вредност подеока на потенциометру: 5V:20=0.25V

Процењена грешка одређивања положаја клизача је 0.2 подеока, односно грешка вредности подеока износи 0.05V, па је вредност подеока:

1 подеок = (0.25±0.05) V .

2. Напон на кондензатору се мења са временом

$$U = \frac{q}{C} = \frac{I}{C} t$$

Пошто је струја константна, напон на кондензатору линеарно расте са временом пуњења. Мерено је време за које струјни извор напуни кондензатор до напона на потенциометру. Изједначавање ових напона је У табели су дати резултати мерења зависности тогконстатовано светлењем лед диоде на компаратору.

У табели су дати резултати мерења, где је напон на кондензатору изражен преко броја подеока на потенциометру.

	$t_i[\mathrm{s}]$	$U[\mathrm{pod}]$	$\Delta t[\mathrm{s}]$	$t_S[\mathrm{s}]$
1	26.00	3	0.02 0.02	25.99
	25.97			
	26.00			
2	50.50	6	0.18 0.18	50.677 50.68
	50.75			
	50.78			
3	74.41	9	0.02 0.02	74.40
	74.41			
	74.38			
4	100.53	12	0.21 0.2	100.54 100.5
	100.35			
	100.75			
5	127.25	15	0.2 0.2	127.42 127.4
	127.40			
	127.62			
6	153.90	18	0.56 0.6	153.34 153.3
	152.84			
	153.28			

Нацртан је график линеарне зависности времена пуњења конденsатора до одређеног напона од тог напона.

Избором две неексперименталне тачке са праве, нпр. $\mathrm{A}(4.5\,\mathrm{pod}, 38\,\mathrm{s})$ и $\mathrm{B}(16\,\mathrm{pod}, 135\,\mathrm{s})$, налази се коеф. правца као:

$$a = \frac{t_B - t_A}{U_B - U_A} = \frac{(135-38)\mathrm{s}}{(16-4.5)\mathrm{pod}} = 8.44\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta t_B + \Delta t_A}{t_B - t_A} + \frac{\Delta U_B + \Delta U_A}{U_B - U_A} = \frac{(1+1)\mathrm{s}}{(135-38)\mathrm{s}} + \frac{(0.2+0.2)\mathrm{pod}}{(16-4.5)\mathrm{pod}} .$$

$$\frac{\Delta a}{a} = 0.056 \;\Rightarrow\; \Delta a = 0.47\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}} \approx 0.5\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}} \qquad \Rightarrow \quad a = (8.4 \pm 0.5)\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}} .$$

Пошто је $U = \frac{I}{C}t \;\Rightarrow\; t = \frac{C}{I}U \;\Rightarrow\; a = \frac{C}{I} \;\Rightarrow\; I = \frac{C}{a}$.

$$I = \frac{470\mu\,\mathrm{F}}{8.44\,\dfrac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}} = 55.69\,\frac{\mu\,\mathrm{Fpod}}{\mathrm{s}} = 13.92\cdot 10^{-6}\,\mathrm{A}$$, а релативна грешка $\dfrac{\Delta I}{I} = \dfrac{\Delta a}{a}$,

$$\Delta I = 0.056\cdot 13.92\mu\,\mathrm{A} = 0.78\mu\,\mathrm{A} \approx 0.8\mu\,\mathrm{A}\ ,$$

$$\Rightarrow\ I = (13.9 \pm 0.8)\mu\,\mathrm{A}\ .$$

3. Претходни поступак је поновљен са кондензатором чији капацитет треба одредити. Резултати мерења су дати у табели.

	$t_i[\mathrm{s}]$	$U[\mathrm{pod}]$	$\Delta t[\mathrm{s}]$	$t_S[\mathrm{s}]$
1	11.22	3	0.02 0.02	11.24 11.24
	11.25			
	11.25			
2	21.94	6	0.103 0.1	22.043 22.0
	22.07			
	22.12			
3	33.04	9	0.037 0.04	33.077 33.08
	33.10			
	33.09			
4	33.04	12	0.167 0.17	44.257 44.26
	33.10			
	33.09			
5	55.61	15	0.69 0.7	56.30 56.3
	56.28			
	56.00			
6	67.57	18	0.54 0.6	68.11 68.1
	68.53			
	68.22			

Нацртан је график линеарне зависности времена пуњења кондензатора до одређеног напона од тог напона.

Избором две неексперименталне тачке са праве, нпр. $\mathrm{A}(5\,\mathrm{pod}, 10.85\mathrm{s})$ и $\mathrm{B}(17\,\mathrm{pod}, 60.35\,\mathrm{s})$, налази се коеф. правца као:

$$a = \frac{t_B - t_A}{U_B - U_A} = \frac{(60.35 - 10.85)\mathrm{s}}{(17 - 5)\mathrm{pod}} = 4.12\,\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta t_B + \Delta t_A}{t_B - t_A} + \frac{\Delta U_B + \Delta U_A}{U_B - U_A} = \frac{(0.5 + 0.5)\mathrm{s}}{(60.35 - 10.85)\mathrm{s}} + \frac{(0.2 + 0.2)\mathrm{pod}}{(17 - 5)\mathrm{pod}}\ .$$

$$\frac{\Delta a}{a} = 0.054 \ \Rightarrow\ \Delta a = 0.23\,\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}} \approx 0.3\,\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}} \qquad \Rightarrow\quad a = (4.1 \pm 0.3)\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}\ .$$

Пошто је $a = \dfrac{C}{I}$ $\Rightarrow$ $C = Ia = 13.92\mu\mathrm{A}\cdot 4.12\,\dfrac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}} = 229.7\mu\mathrm{F}$,

$$\Delta C = C\left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta I}{I}\right) = 21.2\mu\mathrm{F} \approx 30\mu\mathrm{F}\ ,$$

$$\Rightarrow\ C = (230 \pm 30)\mu\mathrm{F}\ .$$