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 дошло 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 $\Phi_{11} = B_1 S_1 = \mu_0 N_1 S_1 I_1/l$ 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 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$, где је $k = \sqrt{S_1/S_2} < 1$. Ако су i_1 и i_2 тренутне вредности јачина струја, II Кирхофов закон гласи $i_1 L_1\omega + i_2 M\omega - i_1/C_1\omega = 0$ и $i_2 L_2\omega + i_1 M\omega - i_2/C_2\omega = 0$. 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 $L_1 C_1 = L_2 C_2 = 1/\omega_0^2$, 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.

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

$$a = \frac{t_\mathrm{B} - t_\mathrm{A}}{U_\mathrm{B} - U_\mathrm{A}} = \frac{(135-38)\mathrm{s}}{(16-4.5)\mathrm{pod}} = 8.44\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta t_\mathrm{B} + \Delta t_\mathrm{A}}{t_\mathrm{B} - t_\mathrm{A}} + \frac{\Delta U_\mathrm{B} + \Delta U_\mathrm{A}}{U_\mathrm{B} - U_\mathrm{A}} = \frac{(1+1)\mathrm{s}}{(135-38)\mathrm{s}} + \frac{(0.2+0.2)\mathrm{pod}}{(16-4.5)\mathrm{pod}} .$$

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

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

$I = \dfrac{470\mu\mathrm{F}}{8.44\dfrac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}} = 55.69\dfrac{\mu\mathrm{Fpod}}{\mathrm{s}} = 13.92\cdot10^{-6}\,\mathrm{A}$, 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:

$$a = \frac{t_\mathrm{B} - t_\mathrm{A}}{U_\mathrm{B} - U_\mathrm{A}} = \frac{(60.35 - 10.85)\mathrm{s}}{(17\text{ - }5)\mathrm{pod}} = 4.12\frac{\mathrm{s}}{\mathrm{pod}}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta t_\mathrm{B} + \Delta t_\mathrm{A}}{t_\mathrm{B} - t_\mathrm{A}} + \frac{\Delta U_\mathrm{B} + \Delta U_\mathrm{A}}{U_\mathrm{B} - U_\mathrm{A}} = \frac{(0.5 + 0.5)\mathrm{s}}{(60.35 - 10.85)\mathrm{s}} + \frac{(0.2 + 0.2)\mathrm{pod}}{(17 - 5)\mathrm{pod}}\ .$$

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

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

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

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