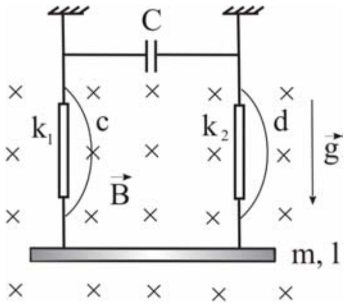
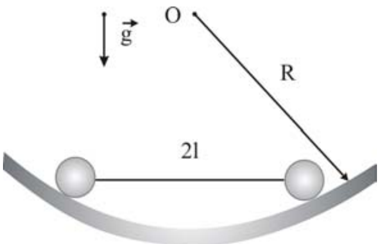
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА СРБИЈЕ

Задаци за републичко такмичење из физике ученика средњих школа, шк. 2001/02. год.
III разред



1. Проводник масе m причвршћен је помоћу два гумена тела коефицијената еластичности k_1 и k_2 за кондензатор капацитета C, као на слици. Растојање између тачака о које је обешен проводник износи L. Гумена тела преспојена су проводницима c и d, док је цео систем постављен у вертикалној равни и окачен о плафон од диелектрика. Одредити промену периода малих осцилација система након укључивања хомогеног и константног магнетног поља индукције B, нормалног на раван контуре. При истезању гумених тела проводници c и d се симетрично деформишу, тако да њихова деформација не мења магнетни флукс кроз струјну контуру. [20п]



2. Са унутрашње стране сферне површине полупречника R налазе се две материјалне тачке истих маса, спојене лаким штапом дужине $2l$, као на слици. Ако се занемаре трења у систему, одредити период малих осцилација овог система приликом његовог кретања у правцу

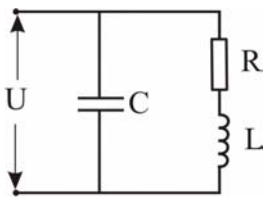
а) нормалном на раван цртежа [5п]

б) паралелном са равни цртежа [10п]

3. Суд масе $M = 4.5\mathrm{kg}$, направљен од топлотно непроводног материјала, пада без почетне брзине са висине $H = 10\mathrm{m}$. У суду се налази $m = 500\mathrm{g}$ хелијума.

а) На коју висину h одскаче суд после апсолутно еластичног судара са подлогом? Сматрати да се осцилације гаса у суду веома брзо пригушују. Занемарити трење суда са ваздухом. [15п]

б) За колико се промени температура гаса због овог одскакања суда? Моларна специфична топлота хелијума при сталној запремини износи $C_\mathrm{v} = 1.5R$, где је $R = 8.31\ \mathrm{J/molK}$, а топлотни капацитет суда је занемарљив. [5п]



4. Део кола наизменичне струје приказан на слици састоји се од термогеног отпора R=6Ω, калема индуктивности L=0,01H и кондензатора. Кружна фреквенција прикљученог улазног напона је ω=300rad/s. Одредити при којој вредности капацитета C ће струја у спољашњем делу кола бити у фази са улазним напоном. [15п]

5. Зависност интензитета светлости од положаја на екрану иза дифракционе решетке приказана је на приложеној слици (дифрактограм). Светлост пада на решетку под правим углом. Параметар решетке је четири пута већи од величине за светлост непропусног дела решетке (b) и износи $d = 2.5\cdot 10^{-5}\mathrm{m}$. Екран је од решетке удаљен $L = 0.5\mathrm{m}$.

Задатак:

1) На дифрактограму јасно означити ред свих главних максимума. (3)
2) Проверити ваљаност једначине (1) цртањем одговарајуће линеарне зависности $y = f(x)$, где су $y = I_m$, $x = \dfrac{\sin^2 \frac{m\pi b}{d}}{\frac{m^2\pi^2 b^2}{d^2}}$. (5)
3) Одредити број зареза у дифракционој решеци (N). (12)
4) Мерењем потребних величина на дифрактограму и цртањем графика линеарне зависности између удаљености m-тог од нултог максимума (x_m), од редног броја максимума (m), одредити таласну дужину светлости. (10)

НАПОМЕНА!!!
- Ученици који не ураде делове задатка 2-3, да би урадили само део 4, могу користити да је $N = 200 \pm 5$.
- НЕКА ОВЕ ВРЕДНОСТИ НЕ СЛУЖЕ ЗА ПРОВЕРУ РЕЗУЛТАТА ВАШИХ МЕРЕЊА КОЈЕ СТЕ ДОБИЛИ У ДЕЛОВИМА ЗАДАТКА 1-3!!!!!

ПОМОЋ:

Посматрати само такозване главне максимуме (укупно 11), за које важе релације које познајете. Интензитет m-тог максимума је дат једначином:

$$I_m = CA_0^2 N^2 \frac{\sin^2 \frac{m\pi b}{d}}{\frac{m^2\pi^2 b^2}{d^2}}, \qquad (1)$$

где су: CA_0 - константа зависна од услова експеримента. За услове снимања приложеног дифрактограма је:

$CA_0^2 = 5 \cdot 10^{-3}$ релативних јединица.

Свим такмичарима желимо успешан рад!

Задатке припремили: Татјана Тошић (1,2,4), Мићо Митровић (3), Андријана Жекић (5)
Рецензент: Мићо Митровић
Председник комисије: Мићо Митровић

Решења задатака за републичко такмичење из физике ученика средњих школа
шк. 2001/02. год., III разред

1. Пре укључивања магнетног поља период износи $T_1 = 2\pi\sqrt{m/(k_1+k_2)}$ [2п]. Након његовог укључивања, II Њутнов закон кретања проводника гласи *ma= -(k₁+k₂)x± iLB* [10п-2п за само један предзнак], при чему се сваки од предзнака односи на кретање у оквиру две несуседне четвртине периода. Како је $\varepsilon=BLv$ [1п] и $q/C=\varepsilon$, следи $i=aLBC$ [2п]. Увршатавањем ових израза у II Њутнов закон, добијамо $T_2 = 2\pi/\sqrt{k_1+k_2}\,[1/2\ \sqrt{m+CL^2B^2} + 1/2\ \sqrt{m-CL^2B^2}\,]$ [4п-1п], односно за промену периода $\Delta T = \pi/\sqrt{k_1+k_2}\,[\sqrt{m+CL^2B^2} + \sqrt{m-CL^2B^2} - 2\sqrt{m}\,]$ [1п-0п].

2. а) Кретање у равни нормалној на цртеж еквивалентно је осцилаторном кретању тачкасте масе, која би се налазила у тачки *A*, односно кретању математичког клатна дужине $|OA| = \sqrt{R^2 - l^2}$ [1п], па тражени период износи $T_\perp = 2\pi\sqrt{\sqrt{R^2-l^2}\,/\,g}$ [4п].

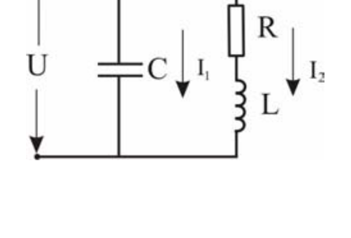
б) Период осциловања физичког клатна је $T = 2\pi\sqrt{I/Mgs}$ [4п]. У нашем случају је $I=2mR^2$ [1п], маса система $M=2m$ [1п], а растојање ЦМ од осе ротације $s=R\cos\alpha$ [1п], где је $\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-(l/R)^2}$ [1п]. Одавде добијамо $T_\parallel = 2\pi\dfrac{R}{\sqrt{g\sqrt{R^2-l^2}}}$ [2п].

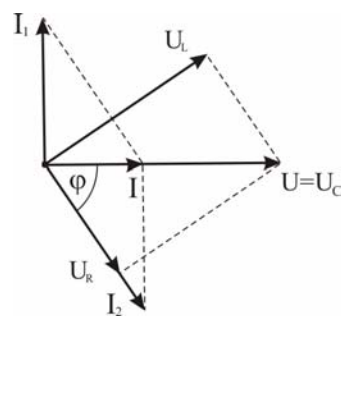
3. а) Брзина суда, молекула гаса и њиховог центра масе пре судара је $v = \sqrt{2gH}$. После судара суд има исту брзину навише [1п], а молекули гаса наниже [2п]. Брзина центра масе система усмерена навише износи $v_{cm} = \dfrac{m_0 - m}{m_0 + m}v = \dfrac{m_0 - m}{m_0 + m}\sqrt{2gH}$ [10п], па се пење на висину

$H_1 = \left(\dfrac{m_0 - m}{m_0 + m}\right)^2 H = \left(\dfrac{4}{5}\right)^2 H = 6.4\text{m}$ [2п].

б) Промена унутрашње енергије гаса једнака је по апсолутној вредности промени потенцијалне енергије [1п]. $\dfrac{m}{M}C_V\Delta T = (m_0 + m)g\Delta H$ [2п] $\Rightarrow$ $\Delta T = \dfrac{M(m_0+m)g\Delta H}{mC_V} \approx 0.113\text{K}$ [2п].

4. Фазни дијаграм приказује какав међусобни однос морају имати учествујуће величине да би струја *I* и напон *U* били у фази (5). Са дијаграма се види да је $tg\varphi = U_L/U_R = L\omega/R$ (3), а такође и $\sin\varphi = I_1/I_2 = \sqrt{R^2+L^2\omega^2}\,/C\omega$ (3). Како из основног тригонометријског идентитета следи веза између синуса и тангенса угла: $\sin\varphi = tg\varphi/\sqrt{1+tg^2\varphi}$ (1), за тражени капацитет коначно добијамо $C = \dfrac{L}{R^2+L^2\omega^2} = 222\mu\text{F}$ (3).





5. Пошто је $d = 4b$, биће $I_m = CA_0^2 N^2 \dfrac{16}{m^2\pi^2}\sin^2\dfrac{m\pi}{4}$. Види се да да је $m = 1,2,3,5,6$ (3)

m	$\dfrac{16}{m^2\pi^2}\sin^2\dfrac{m\pi}{4}$	I_{m1}	I_{m2}	I_m	ΔI_m
0	1	201	201	201	1
1	0.8114	160	164	162	2
2	0.4057	82.5	80.5	81.5	1
3	0.0902	18.0	19.0	18.5	0.5
4	0	-	-	-	-
5	0.03246	7	7	7	0.5
6	0.04508	10	10	10	0.5

График $I_m = f\left(\dfrac{16}{m^2\pi^2}\sin^2\dfrac{m\pi}{4}\right)$ (5). Неекспериментални тачке $A(0.035;9)$ и $B(0.9;180) \Rightarrow$

Коефицијент правца: $a = \dfrac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \dfrac{180-9}{0.9-0.035} = 197.7$.(6)

Релативна грешка : $\dfrac{\Delta a}{a} = \dfrac{\Delta y_B + \Delta y_A}{y_B - y_A} + \dfrac{\Delta x_B + \Delta x_A}{x_B - x_A} = \dfrac{1+2}{180-9} + \dfrac{0.01+0.01}{0.9-0.035} = 0.041 = 4.1\%$.

Апсолутне грешке величине на апсциси - вредности најмањег подеока: $\Delta x_A = \Delta x_B = 0.01$.

$$\Rightarrow \ \Delta a = 0.041 \cdot 197.7 = 8.1 \approx 8 \quad \Rightarrow \quad a = (198 \pm 8)\ (2)$$

Пошто је $a = CA_0^2 N^2$, следи да је $N = \sqrt{\dfrac{a}{CA_0^2}} = \sqrt{\dfrac{197.7}{5\cdot 10^{-3}}} = 198.85$.(3)

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta a}{a} = \frac{1}{2}\cdot 0.041 = 0.0205 = 2.05\% \ \Rightarrow \ \Delta N = 0.0205 \cdot 198.85 = 4.08 \approx 4\ (1)$$

$$N = (199 \pm 4).$$

m	$2x_m$ [mm]	x_m [mm]	Δx_m [mm]
0	0	0	0.5
1	24.5	12.25 12.2	0.5
2	50.0	25.0	0.5
3	76.0	38.0	0.5
5	126.0	63.0	0.5
6	152.0	76.0	0.5

Измерена растојања максимума истог реда $2x_m$ (1), њихова грешка-вредност најмањег подеока - 1mm (0.5), а грешка положаја максимума је дупло мања. График $x_m = f(m)$ (3) полази из координатног почетка, за одређивање коефицијента правца довољна једна неекспериментална тачка: $A(5.25, 65.1\,\text{mm})$.

$$a = \frac{y_A}{x_A} = \frac{65.1\cdot 10^{-3}\,\text{m}}{5.25} = 12.4\cdot 10^{-3}\,\text{m} = 12.4\,\text{mm}\ \ (1.5)$$

Апсолутне грешке редног броја - вредност најмањег подеока $\Delta x_A = \Delta x_B = 0.025$.

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta y_A + \Delta y_B}{y_A - y_B} + \frac{\Delta x_A + \Delta x_B}{x_A - x_B} = \frac{0.5+0.5}{65.1-0} + \frac{0.025+0.025}{5.25-0} = 0.025 = 2.5\%$$

$\Delta a = 0.025 \cdot 12.4\,\text{mm} = 0.31\,\text{mm} \approx 0.3\,\text{mm}\ (1) \ \Rightarrow \ a = (12.4 \pm 0.3)\,\text{mm}$

Таласна дужина се израчунава као $\lambda = \dfrac{ad}{L} = \dfrac{12.4\cdot 10^{-3}\,\text{m}\cdot 2.5\cdot 10^{-5}\,\text{m}}{0.5\,\text{m}} = 62\cdot 10^{-8}\,\text{m} = 620\text{nm}$.(2)

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta L}{a} = \frac{0.31}{12.4} + \frac{1}{500} = 0.027 = 2.7\%$$

$\Delta\lambda = 0.027\cdot 620\,\text{nm} = 16.74\,\text{nm} \approx 20\,\text{nm}\ (1) \Rightarrow \lambda = (620 \pm 20)\,\text{nm}$.

Члановима комисије желимо успешан рад и пријатан дан!