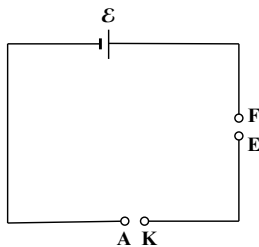


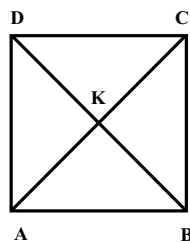
ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ФИЗИЧАРА
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЈЕТЕ И НАУКЕ РЕПУБЛИКЕ ЦРНЕ ГОРЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ЗА ПРОСВЈЕТУ, НАУКУ И КУЛТУРУ РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ

38. Савезно такмичење из физике за ученике средњих школа
школске 2002/2003. год.
II разред

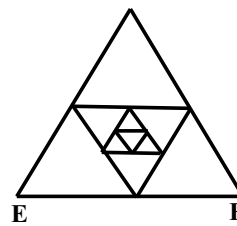
1. Коло са слике 1 састоји се од два жичана рама и извора електромоторне силе ε . Први рам је облика квадрата странице a (слика 2) и прикључен је у коло са слике 1 преко тачака A и K . Други рам је приказан на слици 3 и прикључен је у коло преко тачака E и F (њихово растојање је b). Број серијски уметнутих једнакостраничних троуглова (страница сваког следећег у низу је два пута мања), претпостављамо да тежи ка бесконачности. Оба рама су направљена од исте врсте жице попречног пресека S и специфичног отпора ρ . Наћи снагу која се развија на првом раму. (20 п.)
2. Плоча A кондензатора је непомична, а друга плоча B је везана за зид опругом и може се померати, остајући паралелна плочи A (слика 4). После затварања прекидача P плоча B се помакне у нови положај равнотеже. Притом се почетна удаљеност плоча d (кад опруга није растегнута) смањи за 10 процената. За колико би се променила равнотежна удаљеност, кад би се прекидач затворио за кратко време? Претпоставити да се у том времену плоча B не успе приметно померити. (15 п.)
3. Две посуде једнаких запремина међусобно су спојене цевчицом са вентилом. У једној посуди се налази један мол идеалног једноатомског гаса на температури T_1 , а у другој посуди је вакуум. Посуда у којој се налази гас је топлотно изолована од околине, док је друга посуда у топлотном контакту са топлотним резервоаром чија је температура $T_2 = 2T_1$. Наћи промену унутрашње енергије и промену ентропије кад се отвори вентил после "бесконачно" дуго времена. (20 п.)
4. На хоризонталну подлогу постављена су два цилиндра полупречника r . Оса једног је хоризонтална, а другог вертикална. Цилиндри су у доњем делу повезани преко цеви занемарљиво малог пресека. Хоризонтални цилиндар је затворен са једне стране покретним клипом. Вертикални цилиндар је отворен одозго. У цилиндру се налази вода, при чему је хоризонтални цилиндар потпуно испуњен, а вертикални до неког нивоа.
 - а) Одредити ниво h воде у вертикалном цилиндру, при којем се клип налази у равнотежи. Треће занемарити.
 - б) За колико се помери клип ΔX у односу на равнотежно стање ако се вода у левом суду загреје за Δt (без промене температуре у десном суду), а ниво воде у десном суду се притом повећа за Δh ? Запремина воде у левом суду пре загревања је била V . Коефицијент топлотног ширења течности је β , а ширење суда се занемарује. (15 п.)



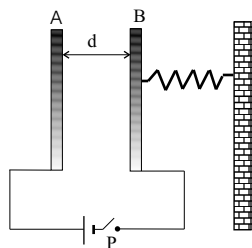
Слика 1



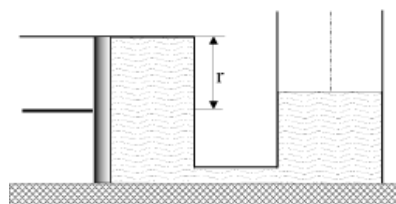
Слика 2



Слика 3



Слика 4



Слика 5

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

I и II разред

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Мерење убрзања Земљине теже физичким клатном

Физичко калтно је круто тело које може да осцилује под дејством силе Земљине теже око хоризонталне осе која пролази кроз његово тежиште.

Период осциловања физичког клатна дат је следећом релацијом:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}},$$

где су:

I - момент инерције физичког клатна у односу на осу осциловања,

m - маса клатна,

d - растојање тежишта клатна од осе осциловања.

Момент инерције крутог тела у односу која је паралелна оси која пролази кроз тежиште тела израчунава се помоћу Штајнерове теореме:

$$I = I_0 + md^2,$$

где су:

I_0 - момент инерције физичког клатна у односу на осу која пролази кроз тежиште тела,

m - маса клатна,

d - растојање између оса.

Као што се види, период осциловања физичког клатна зависи од убрзања Земљине теже, па се самим тим оно може употребити за његово одређивање.

ЗАДАТАК

1. Одредити положај тежишта датог физичког клатна. Опишите начин његовог одређивања.
2. Помоћу компонената које су вам на располагању формирајте физичко клатно коме можете мењати удаљеност осе осциловања од тежишта клатна.
3. Измерите убрзање Земљине теже. Процените грешку мерења.
4. Измерите момент инерције клатна у односу на осу која пролази кроз његово тежиште. Процените грешку мерења.
5. Грешку масе клатна занемарите.

ПРИБОР

1. Физичко клатно - картон
2. Игла за вешање клатна пробијањем картона
3. Ослонац осовине - игле
4. Конац
5. Пластелин за фиксирање конца
6. Штоперица - хронометар

УПУТСТВО

1. Мерите зависност периода осциловања клатна од удаљености осе осциловања од његовог тежишта. Препорука: мерите време трајања 10 осилација.
2. Нађите одговарајућу линеарну зависност између мерених физичких величина, или њихових алгебарских комбинација.

Напомена 1: Под алгебарским комбинацијама се подразумевају различите математичке операције извршене између величина, на пример, производ, производ једне са квадратом друге и слично, тако да линеарна зависност може имати веома различите облике као што су на пример $y \cdot x^2 = f(x \cdot y)$, $\sqrt{x} = f(x^3 \cdot y^2)$ итд.

Напомена 2: Линеаризацију можете извршити на више начина. Наведени примери само објашњавају шта се подразумева под алгебарском комбинацијом величина, и не одговарају овом експерименту.

3. Нацртајте график те линеарне зависности и одредите параметре који је карактеришу.
4. Користећи те параметре, одредите тражене физичке величине.

ВАЖНА НАПОМЕНА!!!!

ОПИШИТЕ НАЧИН СВИХ МЕРЕЊА КАО И НАЧИН ФОРМИРАЊА КЛАТНА.

Задатак припремила: Андријана Жекић
Председник комисије: Мићо Митровић

Решења задатака за 38. савезно такмичење из физике ученика средњих школа
школске 2002/2003. год.

II разред

1. Ако претпоставимо да у првом раму струје теку као на слици 1 (због симетрије) после примене Кирхофових правила имамо: $A: I = I_1 + 2I_2$, $B: I_2 = I_3 + I_4$, $C: I_5 = 2I_4$, $AKBA: R_1 I_1 - R_1 I_3 - R_2 I_2 = 0$, $BCKB: R_2 I_4 + R_1 I_5 - R_1 I_3 = 0$, где су $R_1 = \rho \frac{a\sqrt{2}}{2S}$ и $R_2 = \rho \frac{a}{S}$. Решавањем система се добије:

$$I_1 = \frac{2(1+\sqrt{2})}{5+3\sqrt{2}} I. U_{AK} = R_1 I_1 = \rho \frac{a\sqrt{2}}{2S} \frac{2(1+\sqrt{2})}{5+3\sqrt{2}} I \implies R_{e1} = \rho \frac{a\sqrt{2}}{S} \frac{1+\sqrt{2}}{5+3\sqrt{2}}.$$

За други рам због симетрије слике полазну шему замењујемо еквивалентном на слици 2. Унутрашњи троугао са бесконачно много карика мењам са отпорником отпора $R_X/2$. После примене Кирхофових правила имамо: $E: I = I_1 + I_2$, $G: I_2 = I_3 + I_4$, $EGHFE: \frac{R}{2} I_2 + \frac{R_X}{2} I_3 + \frac{R}{2} I_2 - R I_1 = 0$, $GSHG: \frac{R}{2} I_4 + \frac{R}{2} I_4 - \frac{R_X}{2} I_3 = 0$, где је $R = \rho \frac{b}{S}$, а $R_{EF} = R_X$. Решавањем система се добије: $I_1 = \frac{2(R+R_X)}{4R+3R_X} I$. $U_{EF} = R I_1 = R \frac{2(R+R_X)}{4R+3R_X} I \implies R \frac{2(R+R_X)}{4R+3R_X} = R_X \implies R_X = \frac{1}{3} R(\sqrt{7} - 1)$ (друго решење је физички немогуће). $I = \frac{\varepsilon}{R_{e1} + R_X}$, $P = R_{e1} I^2 = \frac{R_{e1} \varepsilon^2}{(R_{e1} + R_X)^2}$.

2. Када је прекидач P затворен, напон на кондензатору је константан и једнак електромоторној сили батерије ε . Наелектрисање на кондензатору је: $q_1 = C_1 \varepsilon = \varepsilon_0 \frac{S}{d-X_1} \varepsilon$, где је S површина плоча кондензатора, а X_1 помак плоче B при заузимању новог положаја равнотеже. Јачина поља у кондензатору је: $E_1 = \frac{\varepsilon}{d-X_1}$. Јачина поља коју производи једна плоча је $E_1/2$, тако да је сила која делује на плочу $B: F_e = \frac{E_1}{2} q_1 = F_{op} = kX_1 \implies \frac{\varepsilon_0 \varepsilon^2 S}{2(d-X_1)^2} = kX_1$. (*) Када се прекидач P затвори кратко време, кондензатор притом добије наелектрисање: $q_2 = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \varepsilon$ (плоча се није успела помакнути) и оно до даљњег остаје исто. Нека је у овом положају равнотеже помак плоче B једнак X_2 . Јачина поља у кондензатору је $E_2 = \frac{q_2}{C_2(d-X_2)}$, а капацитет кондензатора $C_2 = \varepsilon_0 \frac{S}{d-X_2} \implies E_2 = \frac{\varepsilon}{d}$. Услов равнотеже плоче B у новом положају равнотеже је: $\frac{E_2}{2} q_2 = kX_2 \implies \frac{\varepsilon_0 \varepsilon^2 S}{2d^2} = kX_2$. (**) Делењем једначина (**) и (*) добије се: $X_2 = 0.08d$.

3. Пре отварања вентила гас има параметре: T_1, V_1 и p_1 . После отварања вентила након извесног времена кад се успостави термодинамичка равнотежа параметри гаса су: $T_2 = 2T_1, V_2 = 2V_1$ и p_1 . Промена унутрашње енергије је: $\Delta U = C_V(T_2 - T_1) = 3/2 RT_1$.

Пошто је ентропија функција стања и зависи само од почетног и коначног стања, а не зависи од пута којим је систем остварио тај прелазак промену ентропије можемо израчунати преко било којих процеса који повезују та два стања. Једно од могућих решења је дато на слици 3.

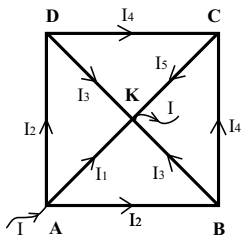
$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$, $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$, $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$. При изотермском процесу $\Delta U = 0 \implies \Delta Q = \Delta A = nRT \ln \frac{V_X}{V_1} \implies \Delta S_1 = \frac{\Delta A}{T} = nR \ln \frac{V_X}{V_1}$. При адијабатском процесу $\Delta Q = 0 \implies \Delta S_2 = 0$.

$$13: T = const \implies p_1 V_1 = p_X V_X, \quad 32: S = const \implies p_X V_X^\gamma = p_1 V_1^\gamma, \quad \frac{V_X}{V_1} = 2^{\gamma/(\gamma-1)}.$$

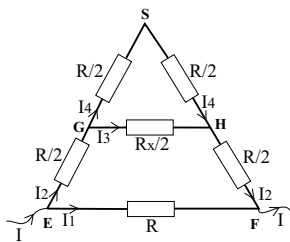
$$\gamma = C_p/C_V = 5/3, \quad \Delta S = nR \frac{\gamma}{\gamma-1} \ln 2 = \frac{5}{2} R \ln 2.$$

4. а) Притисак на дно вертикалног цилиндра: $p = p_a + \rho gh$. По Паскаловом закону исти притисак делује на нижи крај клипа који се налази у хоризонталном цилиндру. Притисак воде на део клипа који је удаљен по вертикали за y од нижег краја је: $p - \rho gy$. Сила притиска воде на две траке истих ширина на једнаким удаљеностима a од центра клипа (на слици 4 је дат попречни пресек клипа) је: $F_1 + F_2 = [p - \rho g(r+a)]\Delta S + [p - \rho g(r-a)]\Delta S$, где је ΔS површина траке. Када се саберу све силе које делују на по две траке симетричне у односу на симетралу цилиндра добије се да је укупна сила притиска воде на клип: $F_p = (p - \rho gr)S = (p_a + \rho g(h-r))S$, где је S површина клипа $S = \pi r^2$. Да би се клип налазио у равнотежи ова сила мора бити уравнотежена силом притиска атмосфере која на клип делује са леве стране $F_a = p_a S$. $F_p = F_a \implies h = r$.

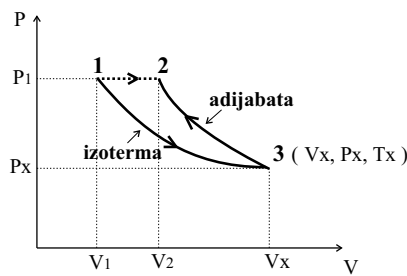
б) Укупна маса у течности остаје константна $\rho_1(SX + Sh) = \rho_1 S(h + \Delta h) + \frac{\rho_1}{1+\beta \Delta t} S(X + \Delta X) \implies \Delta X = (1 + \beta \Delta t)(X - \Delta h) - X$, где је $X = \frac{V}{r^2 \pi}$, а S је попречни пресек цилиндра.



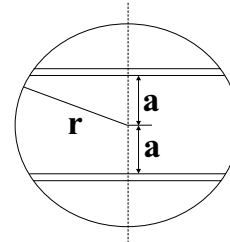
Слика 1



Слика 2



Слика 3



Слика 4

РЕШЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ЗАДАТКА ЗА I и II РАЗРЕД

Користећи формулу за период физичког клатна $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}}$ и Штајнерову теорему

$I = I_0 + md^2$ добија се следећа линеарна зависност: $T^2d = \frac{4\pi^2 I_0}{mg} + \frac{4\pi^2}{g}d^2$, односно

$T^2d = f(d^2)$. Из вредности коефицијента правца $a = \frac{4\pi^2}{g}$, следи да је $g = \frac{4\pi^2}{a}$. Из вредности

одсечка на у - оси $b = \frac{4\pi^2 I_0}{mg}$, следи да је тражена вредност момента инерције клатна у односу

на осу која пролази кроз његово тежиште $I_0 = \frac{mgb}{4\pi^2}$.

n	t_i [s]	d [cm]	Δt [s]	t_s [s]	T [s]	T^2d [s ² m]	$\Delta(T^2d)$ [s ² m]	d^2 [cm ²]	Δd^2 [cm ²]
1	9.50	12.7	0.04	9.47	0.947	0.11389	0.00186	161.3	2.6
	9.43		0.04			0.104	0.0019	16	3
	9.48								
2	9.25	11.0	0.05	9.30	0.930	0.09514	0.00189	121	2.2
	9.31		0.05			0.095	0.0019	121	3
	9.34								
3	9.41	9.3	0.067	9.343	0.9343	0.08118	0.00126	86.49	1.86
	9.28		0.07	9.34	0.934	0.0812	0.0013	86.5	1.9
	9.34								
4	9.56	7.6	0.02	9.55	0.955	0.06931	0.0012	57.76	1.52
	9.56		0.02			0.0693	0.0012	57.8	1.6
	9.53								
5	10.28	5.5	0.043	10.237	1.0237	0.05764	0.00153	30.25	1.1
	10.21		0.05	10.24	1.024	0.05764	0.0016	30.2	1.1
	10.22								
6	11.81	3.6	0.073	11.897	1.1897	0.051	0.002	12.96	0.72
	11.97		0.08	11.90	1.190	0.051	0.002	13.0	0.8
	11.91								

Грешке $\Delta(T^2d)$ и $\Delta(d^2)$ се израчунавају као $\Delta(T^2d) = T^2d \left(2\frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta d}{d} \right)$ и $\Delta(d^2) = 2d \cdot \Delta d$,

респективно, при чему су $\Delta T = \frac{\Delta t}{n}$ и $\Delta d = 0.1 \text{ cm}$.

Избором две неексперименталне тачке са праве $T^2d = f(d^2)$, нпр. А(18cm²;0.0525s²m) и В(135cm²;0.102s²m), одређује се коеф. правца као:

$$a = \frac{(T^2d)_B - (T^2d)_A}{d_B^2 - d_A^2} = \frac{(0.102 - 0.0525)\text{s}^2\text{m}}{(135 - 18)\text{cm}^2} = 4.23 \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta(T^2d)_B + \Delta(T^2d)_A}{(T^2d)_B - (T^2d)_A} + \frac{\Delta(d^2)_B + \Delta(d^2)_A}{(d^2)_B - (d^2)_A} = \frac{(0.0189 + 0.002)}{(0.102 - 0.0525)}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = 0.1102 \Rightarrow \Delta a = 0.47 \frac{\text{s}^2}{\text{m}} \Rightarrow a = (4.2 \pm 0.5) \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$$

Пошто је $a = \frac{4\pi^2}{g}$, следи да је $g = \frac{4\pi^2}{a}$, а његова апсолутна грешка $\Delta g = g \frac{\Delta a}{a}$.

$$g = \frac{4\pi^2}{a} = \frac{4\pi^2}{4.23 \text{ s}^2/\text{m}} = 9.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \Rightarrow \quad \Delta g = g \frac{\Delta a}{a} = 9.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.1102 = 1.03 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Rightarrow g = (9 \pm 1) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Користећи вредност убрзања Земљине теже g , и вредности одсечка b одређене са графика, може се добити вредност момента инерције клатна у односу на осу која пролази кроз његово тежиште, I_0 .

Пошто је $b = \frac{4\pi^2 I_0}{mg}$, следи да је $I_0 = \frac{mgb}{4\pi^2}$.

Очитана вредност b са графика је $b = 0.045 \text{ s}^2/\text{m}$. Грешка очитавања одсечка b се одређује помоћу најхоризонталније и највертикалније праве које се могу повући у оквиру интервала грешака и износи $\Delta b = 0.004 \text{ s}^2/\text{m}$ (веће одступање, што је овде случај, или половина укупног интервала).

$$I_0 = \frac{mgb}{4\pi^2} = \frac{15.65 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.045 \text{ s}^2/\text{m}}{4\pi^2} = 1.66 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

Апсолутна грешка се израчунава по формули $\Delta I_0 = I_0 \left(\frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta b}{b} \right)$.

$$\Delta I_0 = 1.66 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2 \left(\frac{1.03}{9.33} + \frac{0.004}{0.045} \right) = 0.33 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$$I_0 = (1.7 \pm 0.4) \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

