Чистовик

1	2	Σ
10	6	16

C-17

Лабораторная работа № 11.2 Наклонённый маятник

Цель: 1) определить декремент затухания большой и малой гайки, сравнить их

2) Изучить зависимость периода от угла между а малыми гайками. (T(α) – зависимость малых колебаний)

Оборудование: Маятник с транспортиром, 2 большие и 2 малые гайки, 2 магнита, секундомер, 2 листа A5 (миллиметровка)

Ход работы:

1) Поставим маятник на лист A4, чтобы избежать проскальзываний; ~~прокатывая~~ диск проградуируем листок (для простоты) (A4);

2) Закрепим ~~малую~~ большую гайку и сделаем серию экспериментов

№	1	2	3	4	5
A_1, см	60K	75K	90K	120K	150K
A_2, см	47,5K	67,5K	82,5K	105K	120K
$\ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$	0,23	0,11	0,09	0,13	0,22

Считаем, что $A \sim \beta$

β – угол откл. на транспортире, т.е. $A = K\beta$

* K – некий коэффициент

3) Закрепим ~~большую~~ малую гайку:

$Ц_1 = 60 - 45 = 15 (°)$ $\frac{Ц_1}{2} = 7{,}5°$

№	1	2	3	4	5
A_1, см	60K	75K	90K	120K	150K
A_2, см	45K	60K	75K	90K	120K
$\ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$	0,29	0,22	0,18	0,29	0,22

4) Запишем результат в виде $\ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right) = d\ (\bar{d} \pm \sigma_5)$ среднее, стандартное отклонение

большой: $d_м = 0{,}245 \pm 0{,}054$ $d_б \in [0{,}191; 0{,}299]$

меньшая: $d_б = 0{,}140 \pm 0{,}062$ $d_м \in [0{,}078; 0{,}202]$

Погрешность $d_б$ больше $d_м$, т.к. он отклонялся на уменьшение цены деления транспортира.

5) Можно сделать вывод, что $d_м > d_б$.

I – момент инерции ~~Квадрата...~~

Теоретически это можно объяснить тем, что $I_б > \frac{I}{I_м}$ = потери на силу трения большие меньше, энергия убывает медл...

Чистовик С-17

6) Зажимаем 2 большие гайки на диске, начиная с $\alpha = 30°$ (1 гайка на 0, 2 двигаем ~~движется~~) снимаем измерения

$\alpha = 30°$

t, с	13	18	6	10	15
N, шт	20	30	10	15	25
T, с	0,65	0,6	0,6	0,7	0,6

$\bar{T} = 0,63$ с

$\alpha = 45°$

t, с	10	7	13	16	20
N, шт	15	10	20	25	30
T, с	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7

$\bar{T} = 0,68$ с

$\alpha = 60°$

t, с	7	10	13	17	21
N, шт	10	15	20	25	30
T, с	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

$\bar{T} = 0,7$ с

$\alpha = 75°$

t, с	8	11	15	19	23
N, шт	10	15	20	25	30
T, с	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8

$\bar{T} = 0,78$ с

$\alpha = 90°$

t, с	8	12	16	20	25
N, шт	10	15	20	25	30
T, с	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

$\bar{T} = 0,8$ с

$\alpha = 105°$

t, с	9	14	18	23	26
N, шт	10	15	20	25	30
T, с	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

$\bar{T} = 0,9$ с

$\alpha = 120°$

t, с	10	16	20	24	28
N, шт	10	15	20	25	30
T, с	1	1,1	1	1	0,9

$\bar{T} = 1$ с

$\alpha = 135°$

t, с	13	19	24		
N, шт	10	15	20	~~25~~	~~30~~
T, с	1,3	1,3	1,2		

$\bar{T} = 1,3$ с

$\alpha = 150°$

t, с	17	23			
N, шт	10	15	~~20~~	~~25~~	~~30~~
T, с	1,7	1,5			

$\bar{T} = 1,6$ с

~~7) Строим график~~

~~Вывод~~:

$\alpha = 165°$

~~t~~			3
~~N~~	~~10~~	~~15~~	7
~~T~~			

$T = 3$ с

$\alpha = 180$ ~~t N T 10 15~~ равновесие перестаёт быть устойчивым, колебаний нет

стр 2

$\alpha > 180°$ ц.м. выше точки опоры $\Rightarrow$ колебаний нет | маятник перевер к аналог. случ

7) Построим график $T = f(\alpha)$

Проведём „наилучшую" кривую для моих точек.

Функция явно не линейная, она либо полином, либо экспонента.

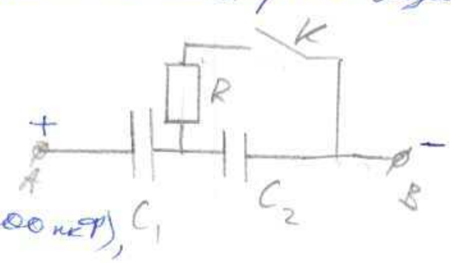
Можно относительно $\alpha = 180^\circ$ построить симметричный график, т.к. система будет переворачиваться и становиться аналогичной найденным.

При $\alpha \to 180^\circ$ $T(\alpha) \to \infty$ (асимптота)

Заметим, что масса у.м. системы увеличилась в 2 р. и сам у.м. плавно двигался к центру (уменьшая момент инерции, т.к. $I = ml^2$)

Лабораторная работа № 11.1 Электролитический „серый ящик"

Цель: определить C_1; C_2 и R в схеме:



Оборудование: батарейка, вольтметр, конден. ($C_0 = 1000$ мкФ), миллиметровка, секундомер.

Ход работы:

1) Определим $C_x = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$; (Ключ разомкнут)

Зарядим C_x от батарейки, $\mathcal{E}_б = 1{,}64$ В (с помощью вольтметра)

Параллельно подключим C_0, установится U_0, причем:

$C_x \mathcal{E} = (C_0 + C_x) U_0$; $U_0 = 1{,}48$ В (с помощью вольтметра)

т.е. $C_x = \frac{C_0}{\frac{\mathcal{E}}{U_0} - 1}$; $C_x = \frac{1000\text{ мкФ}}{\frac{1{,}64\text{ В}}{1{,}48\text{ В}} - 1} = 9250$ мкФ $\quad C_x = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$

2) Зарядим систему, отключим батарейку с открытым ключом

3) 

При таком подключении:

C'

$\cancel{I} U = \frac{q}{C'}$

$IR' = \frac{q}{c}$

$\frac{dq}{dt} = \frac{q}{R'C'}$

$\frac{dq}{q} = \frac{dt}{R'C'}$

$\ln \frac{q_н}{q_к} = \frac{t}{R'C'}$

$\ln \frac{U_н}{U_к} = \frac{t}{R'C'}$ $\quad R'C' = \frac{t}{\ln \frac{U_н}{U_к}}$

Ток через вольтметр не течёт => разряжается только C_2, напр-ние на вольтметре $U_V = U_1 + U_2$

U_2 убывает со временем.

Подождём пока C_2 разрядится и подключим заряженный до $\mathcal{E}$ C_0 10

$C_1 U_1 + C_0 \mathcal{E} = (C_x + C_0) U$ $\quad U_1 = 1{,}09$ В (вольтметром)

$C_1 = \frac{(C_x + C_0)U - C_0 \mathcal{E}}{U_1}$ $\quad U = 1{,}4$ В (вольт.) $\quad \mathcal{E} = 1{,}55$ В (вольт.)

$C_1 = \frac{10250\text{ мкФ} \cdot 1{,}4\text{ В} - 1000\text{ мкФ} \cdot 1{,}55\text{ В}}{1{,}09\text{ В}} = 11743$ мкФ

погрешность есть, если C_2 не разрядился до к.

4) $C_x = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ $C_x C_1 + C_x C_2 = C_1 C_2 \Rightarrow C_2 = \frac{C_x C_1}{C_1 - C_x}$

$C_1 = 11743$ мкФ $C_2 = \frac{9250 \cdot 11743}{-9250 + 11743}$ мкФ $=$ [illegible] $= 43571$ мкФ

~~(Ответ: $C_1 = 11743$ мкФ; $C_2 = 43571$ мкФ)~~

5) $R_2 = \frac{t}{\ln \frac{U_н}{U_к} \cdot C_2}$ $U_2 = U_r - U_1$ $U_1 = 1{,}09$ В

из (3) $U_н = 1{,}55$ В $- 1{,}09 = 0{,}46$ В

$U_к = 1{,}35$ В $- 1{,}09 = 0{,}26$ В

$R = \frac{24\,с}{\ln \frac{0{,}46\,В}{0{,}26\,В} \cdot 0{,}043\,Ф} =$ $C_2 = 43571$ мкФ

$t = 24$ с

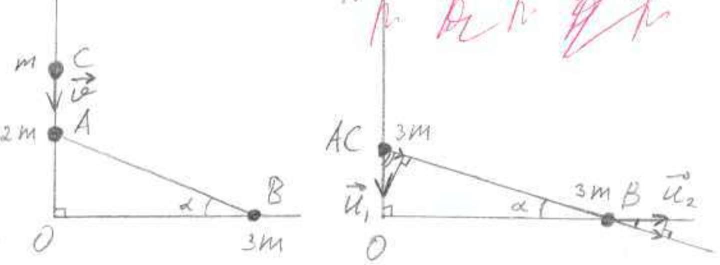
$= 978$ Ом

Ответ: $C_1 \approx 12000$ мкФ; $C_2 \approx 44000$ мкФ; $R \approx 1$ кОм)

Задача 1

1	2	3	4	5	Σ
2	4	1	4	8	

Чистовик С-17



1) Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2}=\frac{3mu_1^2}{2}+\frac{3mu_2^2}{2}$$

2) Так как стержень жёсткий, то проекции скоростей на стержень должны равняться:

$$u_1\cdot\cos(90^\circ-\alpha)=u_2\cos\alpha$$

3) Решим систему:

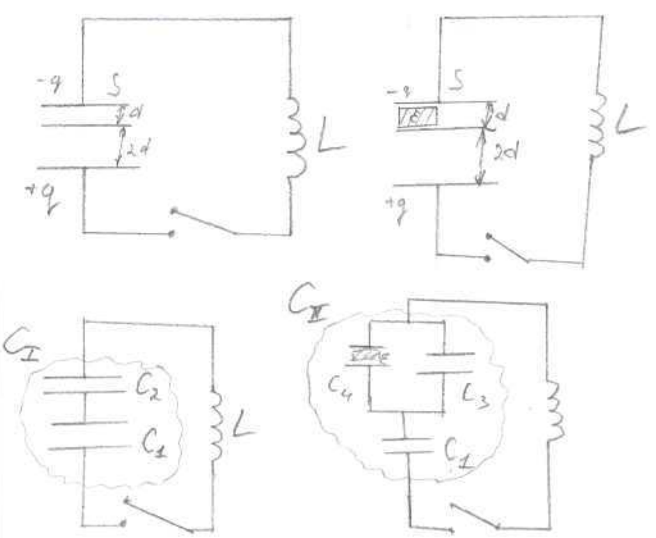
$$\begin{cases}\frac{mv^2}{2}=\frac{3mu_1^2}{2}+\frac{3mu_2^2}{2}\\ u_1\cdot\cos(90^\circ-\alpha)=u_2\cos\alpha\end{cases};\quad \begin{cases}u_1^2+u_2^2=\frac{v^2}{3}\\ \frac{u_1}{u_2}=ctg\alpha\end{cases};\quad \begin{cases}u_1^2+u_1^2tg^2\alpha=\frac{v^2}{3}\\ u_2^2+u_2^2ctg^2\alpha=\frac{v^2}{3}\end{cases};$$

$$\begin{cases}u_1^2=\frac{v^2}{3(1+tg^2\alpha)}\\ u_2^2=\frac{v^2}{3(1+ctg^2\alpha)}\end{cases};\quad \begin{cases}u_1=\frac{v}{\sqrt{3(1+tg^2\alpha)}}\\ u_2=\frac{v}{\sqrt{3(1+ctg^2\alpha)}}\end{cases};$$

2

Ответ: Муфты A и C: $u_1=\frac{v}{\sqrt{3(1+tg^2\alpha)}}$; Муфта B: $u_2=\frac{v}{\sqrt{3(1+ctg^2\alpha)}}$

Задача 5



1) Перерисуем в эквивалентные схемы конденсаторов исходные

2) Закон сохранения энергии для контура:

$$\frac{LI^2}{2}=\frac{q^2}{2C};\quad I(C)=\frac{q}{\sqrt{LC}}$$

* q – заряд на обкладках системы C (C_I или C_{II})

3) Найдём C_I:

$$C_1=\frac{\varepsilon_0S}{2d};\quad C_2=\frac{\varepsilon_0S}{d};$$

$$C_I=\frac{C_1\cdot C_2}{C_1+C_2}=\frac{\frac{\varepsilon_0S}{2d}\cdot\frac{\varepsilon_0S}{d}}{\frac{\varepsilon_0S}{2d}+\frac{\varepsilon_0S}{d}}=\frac{\varepsilon_0S}{d}\cdot\left(\frac{\frac{1}{2}\cdot1}{\frac{1}{2}+1}\right)=\frac{\varepsilon_0S}{3d}$$

8

4) Найдём C_{II}:

$$C_1=\frac{\varepsilon_0S}{2d};\quad C_3=\frac{\varepsilon_0\frac{S}{2}}{d}=\frac{\varepsilon_0S}{2d};\quad C_4=\frac{\varepsilon\varepsilon_0\frac{S}{2}}{d}=\frac{\varepsilon\varepsilon_0S}{2d}$$

$$C_{II}=\frac{(C_3+C_4)C_1}{C_1+C_3+C_4};\quad C_{II}=\frac{\left(\frac{\varepsilon_0S}{2d}+\frac{\varepsilon\varepsilon_0S}{2d}\right)\frac{\varepsilon_0S}{2d}}{\frac{\varepsilon_0S}{2d}+\frac{\varepsilon_0S}{2d}+\frac{\varepsilon\varepsilon_0S}{2d}}=\frac{\varepsilon_0S}{d}\left(\frac{\left(\frac{1}{2}+\frac{\varepsilon}{2}\right)\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{\varepsilon}{2}+\frac{1}{2}}\right)=$$

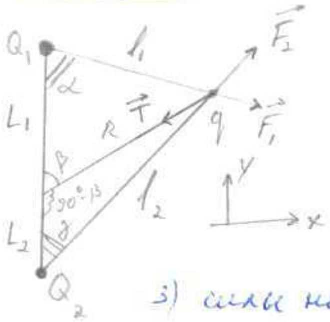
$$=\frac{\varepsilon_0S}{d}\cdot\frac{\frac{\varepsilon+1}{4}}{\frac{\varepsilon+2}{2}}=\frac{\varepsilon_0S}{d}\cdot\frac{\varepsilon+1}{2\varepsilon+4}$$

5) $$I_I=\frac{q}{\sqrt{L\cdot C_I}};\quad I_I=\frac{q}{\sqrt{L\cdot\frac{\varepsilon_0S}{3d}}}=q\sqrt{\frac{3dL}{\varepsilon_0S}}$$

$$I_{II}=\frac{q}{\sqrt{L\cdot C_{II}}};\quad I_{II}=\frac{q}{\sqrt{L\cdot\frac{\varepsilon_0S}{d}\cdot\frac{\varepsilon+1}{2\varepsilon+4}}}=q\sqrt{\frac{(2\varepsilon+4)dL}{(\varepsilon+1)\varepsilon_0S}}$$

Ответ: 1) $q\sqrt{\frac{3dL}{\varepsilon_0S}}$ 2) $q\sqrt{\frac{(2\varepsilon+4)dL}{(\varepsilon+1)\varepsilon_0S}}$

Задача 4 Сметович С-17



1) из Т. косинусов:

$l_1 = \sqrt{L_1^2 + R^2 - 2L_1 R\cos\beta}$; $l_2 = \sqrt{L_2^2 + R^2 - 2L_2 R\sin\beta}$; * $\cos(90°-\beta)$

2) из Т. синусов:

$\frac{l_1}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\alpha}$; $\sin\alpha = \frac{R}{l_1}\sin\beta$; $\frac{l_2}{\sin(90°-\beta)} = \frac{R}{\sin\gamma}$; $\sin\gamma = \frac{R}{l_2}\cos\beta$

3) силы на оси:

ox: $-T\cdot\sin\beta + F_1\cdot\sin\alpha + F_2\sin\gamma = 0$; $T\sin\beta = F_1\sin\alpha + F_2\sin\gamma$

OY: $-T\cos\beta + F_2\cos\gamma - F_1\cos\alpha = 0$; $T\cos\beta = F_2\cos\gamma - F_1\cos\alpha$

$\frac{F_1\sin\alpha + F_2\sin\gamma}{F_2\cos\gamma - F_1\cos\alpha} = tg\beta$; $F_1\sin\alpha + F_2\sin\gamma = F_2\cos\gamma\, tg\beta - F_1\cos\alpha\, tg\beta$;

$F_1(\sin\alpha + \cos\alpha\, tg\beta) = F_2(\cos\gamma\, tg\beta - \sin\gamma)$

4) $F_1 = K\frac{Q_1 q}{l_1^2}$; $F_2 = K\frac{Q_2 q}{l_2^2}$, подставим: $\cancel{K}\frac{Q_1 q}{l_1^2}(\sin\alpha + \cos\alpha\, tg\beta) = \cancel{K}\frac{Q_2 q}{l_2^2}(\cos\gamma\, tg\beta - \sin\gamma)$

$Q_1 = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 \frac{\cos\gamma\, tg\beta - \sin\gamma}{(\sin\alpha + \cos\alpha\, tg\beta)}\cdot Q_2$

?

Ответ: 1) $Q_1 = \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2\cdot\frac{\cos\gamma\, tg\beta - \sin\gamma}{\sin\alpha + \cos\alpha\, tg\beta}\cdot Q_2$, где

$l_1 = \sqrt{L_1^2 + R^2 - 2L_1 R\cos\beta}$

$l_2 = \sqrt{L_2^2 + R^2 - 2L_2 R\sin\beta}$

$\sin\alpha = \frac{R}{l_1}\sin\beta$

$\sin\gamma = \frac{R}{l_2}\cos\beta$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha}$

$\cos\gamma = \sqrt{1 - \sin^2\gamma}$

2) ~~Те, что одного знака с да Q_2~~

Задача 3

1) $\Delta T = 0$, слева и справа одинаковые: P, V, ν, T $(T = T_0)$; $(V = V_0 + \frac{LS}{2})$

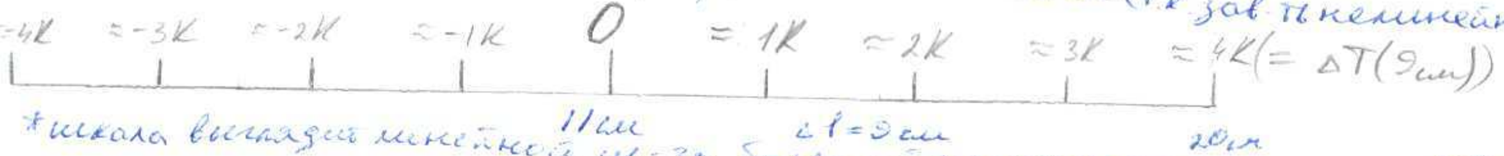
2) Нагреем (для определенности левый) сосуд на ΔT, ~~$(P+\Delta P)(V) = \nu R(T+\Delta T)$~~

объем справа уменьшится, слева увеличится, установится новый P_2

$\begin{cases} P_2(V+\Delta V) = \nu R(T_0 + \Delta T) \\ P_2(V - \Delta V) = \nu R T_0 \end{cases}$; $\Rightarrow$ $\frac{V+\Delta V}{V-\Delta V} = 1 + \frac{\Delta T}{T_0} \Rightarrow \Delta T = T_0\left(\frac{V_0 + \frac{LS}{2} + S\Delta l}{V_0 + \frac{LS}{2} - S\Delta l} - 1\right)$ 1

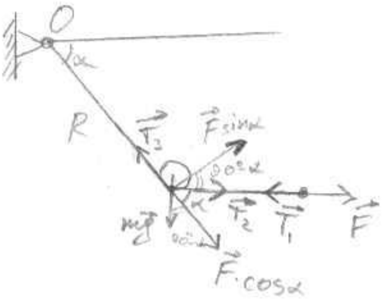
$\Delta T = 300K\cdot\left(\frac{(1000 + \frac{300\cdot 1}{2} + 1\cdot\Delta l)см^3}{(1000 + \frac{300\cdot 1}{2} - 1\Delta l)см^3} - 1\right) = 300\left(\frac{1150 + \Delta l}{1150 - \Delta l} - 1\right)(K)$ $\Delta l > 0 \Rightarrow \Delta T > 0$

Ответ: $\Delta T = 300\left(\frac{1150 + \Delta l}{1150 - \Delta l} - 1\right)(K)$, шкала нелинейна (т.к. зав-ть нелинейна) $\Delta l < 0 \Rightarrow \Delta T < 0$



*шкала выглядит линейной из-за большой погрешности

Задача 2



1) Найдём угол, когда цилиндр оторвётся:

$$(F\cdot\sin\beta)\cdot\sin(90^\circ-\beta)=mg$$

$$\sin 2\beta=\frac{2mg}{F}$$

$$\cos\beta=\sqrt{\frac{\cos 2\beta+1}{2}}=\sqrt{\frac{\sqrt{1-\sin^2 2\beta}+1}{2}};\quad \sin\beta=\sqrt{\frac{1-\sqrt{1-\sin^2 2\beta}}{2}}$$

2) Точка, где лежал цилиндр двигалась по окружности:

$$^{*}T_3=F\cos\alpha+mg\cdot\cos(90^\circ-\alpha)=F\cos\alpha+mg\sin\alpha \qquad T_3=\frac{m\vartheta^2}{R}\Rightarrow\vartheta=\sqrt{\frac{T_3R}{m}}$$

3) В момент отрыва $\alpha=\beta$

$$\vartheta=\sqrt{\frac{T_3R}{m}}=\sqrt{\frac{(F\cdot\cos\beta+mg\sin\beta)R}{m}}=F\sqrt{\sqrt{1-\sin^2}}$$

$$=\sqrt{\frac{R}{m}\left(F\cdot\sqrt{\frac{\sqrt{1-\left(\frac{2mg}{F}\right)^2}+1}{2}}+mg\sqrt{\frac{1-\sqrt{1-\left(\frac{2mg}{F}\right)^2}}{2}}\right)}$$ (Ответ)

4