1	2	Σ
5	4	9

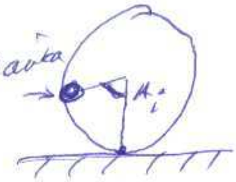
C-6

② ~~Амплитудой будем сч~~ ~~Максимального отклонением~~ ~~во~~ всех случаях ~~будем считать~~

1) Закрепим гайку (маленькую) в нуле шкалы транспортира, тогда ~~амплитудой будет~~ максимальным отклонением будем считать величину угла между 0 шкалы и точкой касания диска в момент остановки в ту же сторону.

~~A_1 мы выб~~

A_1 мы выбираем сами и ~~это~~ A_1 будет начальным отклонением (величина угла на на шкале в т. касания).



В момент когда диск в первый раз вернется в ту же точку, останавливаем его и измеряем A_2. Результаты приведены в табл 1.

Табл 1 нячо 1.

A_1 °	A_2 °	d_1
45	39	0,143
60	53	0,124
75	65	0,143
90	78	0,143

$d_1 = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$ для маленькой гайки

$d_2 = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$ для большой

Заметим, что при $A_1 = 60°$, а $A_2 = 52°$ и $d_1 = 0,143$. Это значит, что погрешность наших измерений довольно велика и можно считать, что $d_1 \approx 0,143 \approx 0,1$

Для большой гайки

Табл 2

A_1 °	A_2 °	d_2
45	40	0,118
60	53	0,124
75	65	0,143
90	80	0,118

d_2 усреднив эти значения:
$d_2 \approx 0,126$, что фактически больше, чем d_1, но например при $A_1 = 60$, а $A_2 = 52$, $d_2 = 0,143$, т.е.

$d_1 \approx d_2 \approx 0,1$

2) Исследуем зависимость $T(\alpha)$ ~~кажд~~ в обоих случаях, т.к. $\alpha_1 \approx \alpha_2$. ~~Для двух больших~~ небольших

а Будем отклонять маятник на некий угол на очень, измерять продолжительность t на число колебаний и $T = \frac{t}{n}$ t - время колебаний, n - их число.

Результаты для двух ~~от~~ 2) больших гаек в табл 3
для 1) маленьких - табл 4

Табл 3

α °	t, с	n	T, с
15	2,81	4	0,70
30	5,85	8	0,73
45	3,81	5	0,76
60	3,20	4	0,80
75	4,19	5	0,84
90	4,49	5	0,90
105	0,47	5	0,94
120	5,56	5	1,11
~~135~~	~~0,62~~	~~5~~	~~1,32~~

Табл 4

α °	t, с	n	T, с
15	4,61	4	1,15
30	4,75	4	1,19
45	5,09	4	1,27
60	5,40	4	1,35
75	5,81	4	1,45
90	6,16	4	1,54
105	7,16	4	1,79
120	8,09	4	2,02
135	9,94	4	2,49

Графики зависимостей
в первом случае - график 1,
во втором - график 2.

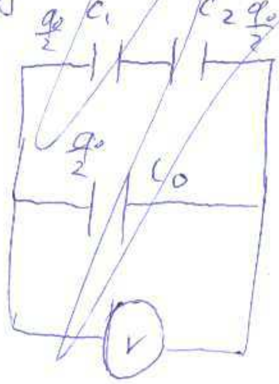
3) Как мы видим из графиков при $\alpha < 90°$, зависимость $T(\alpha)$ приближенно можно считать линейной. При $\alpha > 90°$ наблюдаются заметные отклонения от линейности в сторону увеличения периода.

4) Из графиков найдем параметры приближенных прямых:

$a_1 = 0,92 \pm 0,15 \ \frac{c}{°}$, т.е. в пределах погрешности $a_1 \approx a_2$

$a_2 = 0,77 \pm 0,15 \ \frac{c}{°}$ $\quad b_1 = 0,64 \pm 0,05$ с $\quad b_2 = 1,05 \pm 0,08$ с

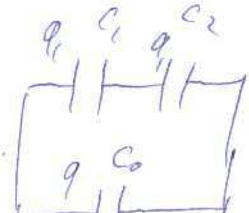
~~① 1) Зарядим C_0 до напр. $\mathcal{E}$, тогда его заряд $q_0 = \mathcal{E}C_0$, подключим его к заранее разряженному ящику; тогда заряды станут $\frac{q_0}{2}$, и показание вольтметра~~



② 1) Разрядим конденсатор C_0 и подключим батарейку $\mathcal{E}$ к A и B. Через продолжительное время конденсаторы ~~в ней заряд~~ в ящике зарядятся (ключ замкнут).
Обозначим $t' = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$. Тогда после подключения разряженного C_0 к A и B:

$$\begin{cases} q + q_1 = q_0 \\ q C_0 = V_1 \\ \frac{q_1}{t} = V_1 \\ q_0 = \mathcal{E} t \end{cases}$$

отсюда получаем: ~~$t^2 + C_0 t - \frac{\mathcal{E}}{V_1} = 0$~~



~~Замерив V_1 показание вольтметра: $V_1 = 0{,}4$ В, при $\mathcal{E} = 1{,}5$ В и $C_0 = 10^{-3}$ Ф:~~

5

~~Т.к. $C_0 \ll \frac{\mathcal{E}}{V_1}$~~

$t'\mathcal{E} = V_1 t' + V_1 C_0$ Измерим V_1: $V_1 = 0{,}4$ В при $\mathcal{E} = 1{,}5$ В, $C_0 = 10^{-3}$ Ф

$t'(\mathcal{E} - V_1) = V_1 C_0$

$$t' = \frac{V_1 C_0}{\mathcal{E} - V_1} = \frac{0{,}4 \cdot 10^{-3}}{1{,}5 - 0{,}4} \approx 0{,}36 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$$

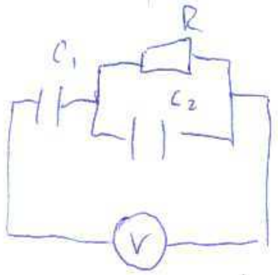
~~2) Замкнув ключ в начальный момент времени в схеме, не разряжая конде~~

~~Зарядим ящик от $\mathcal{E}$, тогда заряды обоих C_1 и C_2 $q = \mathcal{E}t$. Замкнув ключ в момент $t=0$ времени напряже-~~
же

Таблица 1: ключ замкнут, (V) подключен к AB
Таблица 2: ключ разомкнут, (V) подключен к AB
Таблица 3: ключ замкнут, C_0 подключен к AB
} зависимость показаний вольтметра от времени

Табл 1

t, c	U, B
0	1,59
10	1,44
20	1,38
30	1,34
40	1,32
50	1,30
60	1,30
70	1,30

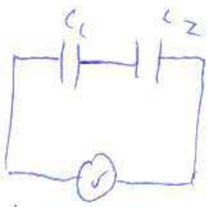


(график 1)

Табл 2

t, c	U, B
0	1,59
10	1,54
20	1,48
30	1,44
40	1,38
50	1,34
60	1,29
70	1,24
80	1,20
90	1,17
100	1,14
110	1,10

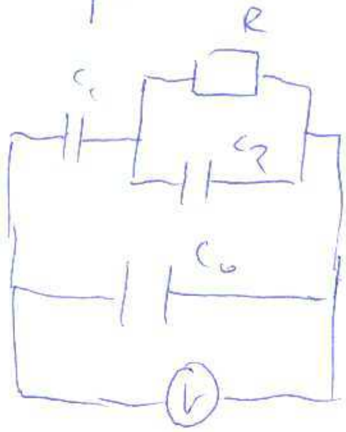
~~+ при $t \to \infty$ $U=$~~



(график 2)

Табл 3

t, c	U B
10	0,58
20	0,65
30	0,68
40	0,68
50	0,72
60	0,72
70	0,72

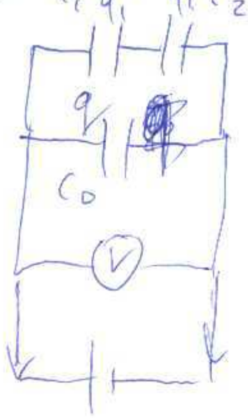


(график 3)

Из графиков видно, что по истечении длительного t в 1 случае $U = const = 1,30$ В. ~~На графике 3 видно, что~~

~~3) Подключим к цепи~~

3) Подключим к заряженной цепи



батарейку, тогда в установившемся режиме показания вольтметра V_2,

Из ЗСЭ:

$$\varepsilon(q_2 - q_3) + \frac{q^2}{2C_0} + \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_*^2}{2C_2} = \frac{q_2^2}{2C_0} + \frac{q_3^2}{2C_1} + \frac{q_3^2}{2C_2}$$

Из ЗСЗ: $q_2 + q_3 = q_1 + q$

$$\varepsilon = \frac{q_3}{C_0} = q_2\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

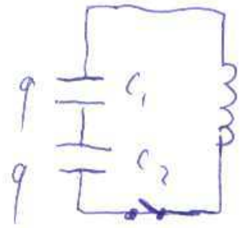
, решая эту систему и пользуясь предыдущими результатами найдем C_1 и C_2.

⑤ Дано: $L, S, d, 2d, q, -q$

Найти: 1) I_M 2) I_{M_1}

1) На пластине 2 синдуцируется заряд $+q$ на верхней поверхности и $-q$ на нижней, тогда пластины будут представлять собой конденсаторы, соединенные последовательно.

1	2	3	4	5	Σ
3½	4	1	6	7½	21



2) $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$

$C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{2d}$

3) Из ЗСЭ:

$$\frac{q^2}{2C_1} + \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_1^2}{2C_2} + \frac{LI^2}{2}$$

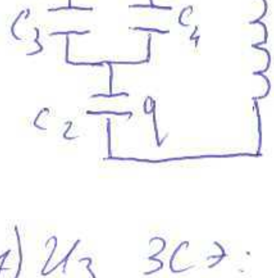
$$\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}(q^2-q_1^2) = I^2$$

1	2	3	4	5	~~34~~
3	10	8	6	7	34

4) $(I^2)'_{q_1} = \frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}(-2q_1) = 0$, т.е. максимум I^2 при $q_1 = 0$

$$I_M = q\sqrt{\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}} = q\sqrt{\frac{\frac{2\varepsilon_0 S}{2d} + \frac{\varepsilon_0 S}{2d}}{L\cdot\frac{\varepsilon_0^2 S^2}{2d^2}}} = q\sqrt{\frac{3d}{\varepsilon_0 S L}}$$ +

5) Во втором случае 12 - конденсаторы, соединенные параллельно, 23 - конденсатор, соединенный последовательно с 12: (его емкость равна C_2)



6) Заряд C_3 равен $\frac{q}{2}$, заряд C_4 тоже, заряд C_2 равен q.

$C_3 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$

$C_4 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$

7

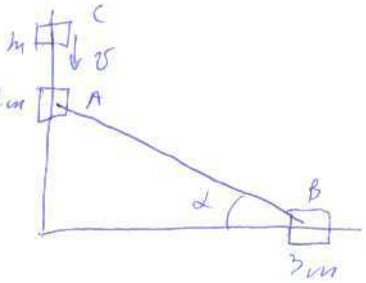
7) Из ЗСЭ: (аналогично, максимальная I_{M_1} при нулевых зарядах конд)

$$\frac{q^2}{4C_3\cdot\cancel{2}} + \frac{q^2}{4C_4\cdot\cancel{2}} + \frac{q^2}{\cancel{2}C_2} = \frac{LI_{M_1}^2}{\cancel{2}}$$

$$I_{M_1} = q\sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{4C_3} + \frac{1}{4C_4} + \frac{1}{C_2}\right)} = q\sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{d}{4\varepsilon_0\varepsilon S} + \frac{d\varepsilon}{4\varepsilon_0 S} + \frac{2d\cdot 4\varepsilon}{\varepsilon_0 S}\right)} = q\sqrt{\frac{d(9\varepsilon+1)}{L\cdot 4\varepsilon_0\varepsilon S}}$$

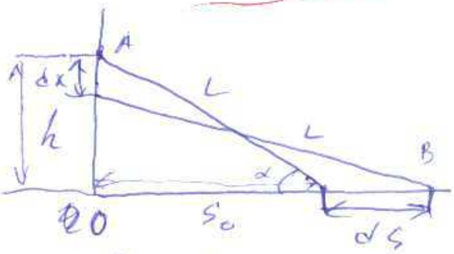
Ответ: 1) $I_M = q\sqrt{\frac{3d}{\varepsilon_0 S L}}$ 2) $I_{M_1} = q\sqrt{\frac{d(9\varepsilon+1)}{4\varepsilon_0\varepsilon S L}}$

① Дано:
$2m, 3m, m, \alpha, \upsilon$
Найти:
$\upsilon_1\ \upsilon_2\ \upsilon_3$ - ?



1) Сместим мысленно муфту A вниз на dx, тогда B сместится на dS

Пусть расстояние от A до O вначале h, а от B - S_0, тогда: (длина стержня L)



$L^2 = h^2 + S_0^2$

$L^2 = (h - dx)^2 + (S_0 + dS)^2$

$L^2 = h^2 + S_0^2 = L^2 + S_0^2 - 2h\,dx + 2S_0\,dx$

отсюда

$dS = dx\,\frac{h}{S_0}$, но ведь $\frac{h}{S_0} = tg\alpha$

$dS = dx \cdot tg\alpha \mid \div dt$

$\frac{dS}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot tg\alpha$

$\boxed{\upsilon_3 = \upsilon_2\, tg\alpha}$

2) Т.к. столкновение неупругое, то $\upsilon_2 = \upsilon_1$

3) Из ЗСЭ т.к. нет трения:

$$\frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{2m\upsilon_2^2}{2} + \frac{m\upsilon_2^2}{2} + \frac{3m\,\upsilon_2^2 tg^2\alpha}{2}$$

$$3\upsilon_2^2(1 + tg^2\alpha) = \upsilon^2$$

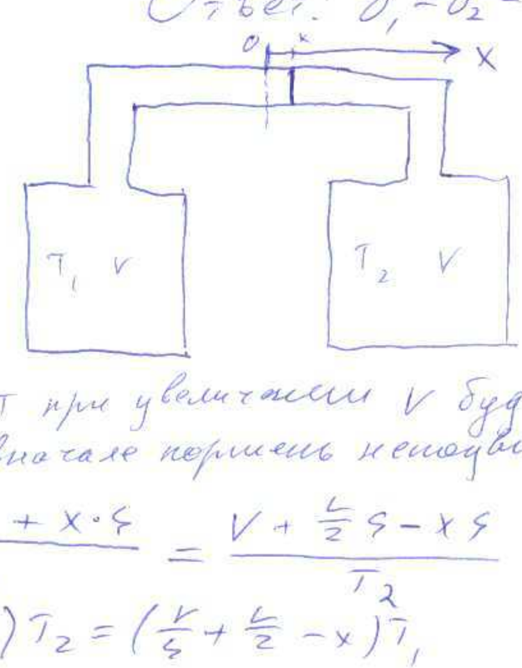
$$3\upsilon_2^2 = \upsilon^2\cos^2\alpha$$

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 = \frac{\upsilon\cos\alpha}{\sqrt3}$$

4) $$\upsilon_3 = \frac{\upsilon\cos\alpha \cdot tg\alpha}{\sqrt3} = \frac{\upsilon\sin\alpha}{\sqrt3}$$

Ответ: $\upsilon_1 = \upsilon_2 = \frac{\upsilon\cos\alpha}{\sqrt3}$; $\upsilon_3 = \frac{\upsilon\sin\alpha}{\sqrt3}$

③ Дано:
$L = 300$ см
$V = 1{,}0$ л
$S = 1$ см^2
$T_0 = 300$ K
$\Delta T = T_1 - T_2$
Найти:
$\Delta T = f(x)$



1) Введем ось X как показано на рисунке x-смещение поршня относительно сер. трубки

~~ΔVE~~

2) В каждом из сосудов изменение T при увеличении V будет изобарным, тогда, т.к. вначале поршень неподвижен, объемы равны то и $\nu_1 = \nu_2$, а значит:

$\begin{cases} pV_1 = \nu_1 RT_1 \\ pV_2 = \nu_2 RT_2 \end{cases} \Rightarrow$

$$\frac{V + \frac{L}{2}S + x\cdot S}{T_1} = \frac{V + \frac{L}{2}S - xS}{T_2}$$

$$\left(\frac{V}{S} + \frac{L}{2} + x\right)T_2 = \left(\frac{V}{S} + \frac{L}{2} - x\right)T_1$$

$$\left(\frac{V}{S} + \frac{L}{2}\right)(T_1 - T_2) = x\,(T_2 + T_1)\ (*)$$

3) $\Delta T = T_1 - T_2 =$
$\Delta T + 2T_2 = T_2 + T_1$, подставив в $*$:

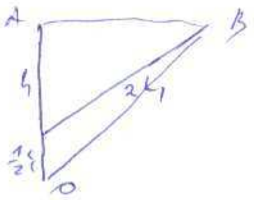
$$\left(\frac{V}{S} + \frac{L}{2}\right)\Delta T = x\,(2T_2 + \Delta T)\ (**)$$

C-6

7) По правилу моментов относительно т. O:

$F_1 d_1 = F_2 d_2$; $d_1 = L_1 \sin\alpha$

$d_2 = L_2 \sin\gamma$



$\frac{Q_1 L_1 \sin\alpha}{AB^2} = \frac{Q_2 L_2 \sin\gamma}{BD^2}$

$\frac{Q_1 L_1}{AB^3} = \frac{Q_2 L_2}{BD^3}$

$Q_1 = Q_2 \frac{L_2}{L_1}\left(\frac{AB}{BD}\right)^3 = \frac{1}{2} Q_2 \left(\frac{AB}{BD}\right)^3$

По физ смыслу: $\frac{AB}{BD} = \frac{<3L_1}{<2{,}5L_1}$!

~~$Q_1 = Q_2 \frac{L_2}{L_1}\left(\frac{AB}{BD}\right)^3 = Q$~~

~~$\frac{AB}{BD}$ может быть любым, значит может быть измерен любой заряд Q_1~~

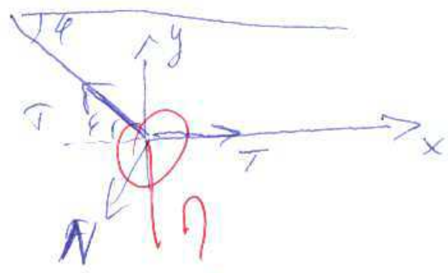
~~Ответ: $Q_1 = \frac{L_2}{L_1} Q_2$; любой.~~

Ответ: $Q_1 = \frac{L_2}{L_1} Q_2$; любой

② Дано: F α m

Найти: v

1) Для произвольного угла φ



по 2 з-ну Ньютона:

$N_x = T(1-\cos\varphi)$

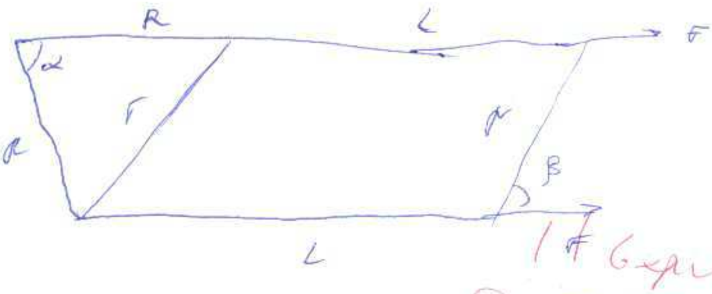
$N_y = T\sin\varphi$

$N^2 = T^2\sin^2\varphi + T^2(1-\cos\varphi)^2 =$

$= 2T^2(1-\cos\varphi)$, т.е.

$N=0$ при $\varphi=0$ или отрыв в момент $\varphi=0$, тогд

2) Работа силы F



$\beta = \pi - \left(\pi - \frac{\pi-\alpha}{2}\right)$

$\cos\beta = \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right) = \sin\frac{\alpha}{2}$

$r = \sqrt{2R^2(1-\cos\alpha)} =$

$= \sqrt{2R^2\sin^2\frac{\alpha}{2}} = 2\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\sqrt{R^2} =$

$= 2\sin\frac{\alpha}{2}R$

$A = F\cdot r\cos\beta = 2F\sin^2\frac{\alpha}{2}R$

3) Зак. С. Э.: ЗСЭ:

$2F\sin^2\frac{\alpha}{2}R = mgR\cdot\cancel{2\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}}\,\sin\alpha + \frac{mv^2}{2}$

$(1-\cos\alpha)FR = mgR\sin\alpha + \frac{mv^2}{2}$

4 + 6

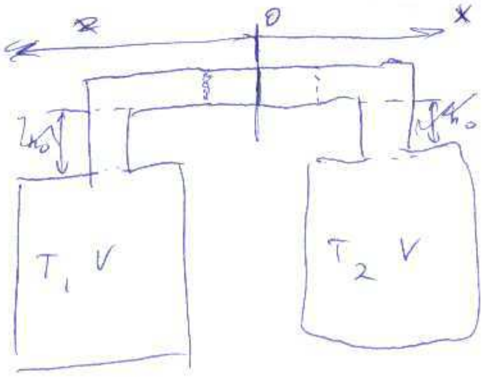
$v^2 = \frac{2}{m}R\left(F(1-\cos\alpha) - mg\sin\alpha\right)$

$v = \sqrt{\frac{2R(F(1-\cos\alpha) - mg\sin\alpha)}{m}}$

Ответ: $v = \sqrt{\frac{2R(F(1-\cos\alpha) - mg\sin\alpha)}{m}}$

10

③



1) Т.к. поршень неподвижен

$p_1 = p_2$

Т.к. при равных T_0 $V_{10}=V_{20}$ и $p_{10}=p_{20}$, то $\nu_1=\nu_2$, значит в общем случае:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

2) $V_1 = V + V_0 + \frac{L}{2}S + \Delta V$

$V_2 = V + V_0 + \frac{L}{2}S - \Delta V$

3) $$\frac{V+V_0+\frac{L}{2}S+\Delta V}{T_1} = \frac{V+V_0+\frac{L}{2}S-\Delta V}{T_2}$$

$$\left(\frac{V}{S} + h_0 + \frac{L}{2} + x\right)T_2 = \left(\frac{V}{S} + h_0 + \frac{L}{2} - x\right)T_1$$

если $h_0 \to 0$, то

$$\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)T_2 + xT_2 = \left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)T_1 - xT_1$$

~~$x(T_2+T_1)$~~, $\Delta T = T_1 - T_2$

$\frac{V}{S}\cancel{L}+\frac{L}{2}$

4) $$\cancel{\frac{(V+h_0S+\frac{L}{2}S)p_0}{T_0} = \frac{(V+h_0S+\frac{L}{2}S-x)p}{T_1}}$$

$$\cancel{\frac{(V+h_0S+\frac{L}{2}S)p_0}{T_0} = (V}$$

$V = 1{,}0\ л = 10^{-3}\ м^3$

$V_L = LS = 3\cdot 10^{-4}\ м^3 = 0{,}3\cdot 10^{-3} = 0{,}3\ л.$

1) $\frac{V+\frac{L}{2}S+\Delta V}{T_1} = \frac{V+\frac{L}{2}S-\Delta V}{T_2}$ $\qquad \Delta T = \frac{2\cdot 300\cdot\frac{4}{9}\cdot d}{1150}$

$\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}+x\right)T_2 = \left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right)T_1$

$\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)\Delta T = x(T_2+T_1) = x(2T_2+\Delta T)$

$\Delta T = T_1 - T_2$

$\Delta T + 2T_2 = T_2 + T_1$

$\Delta T - 2T_1 = -(T_1+T_2)$

$\Delta T?$ $\quad x = \frac{\Delta T_0\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)}{2T_0} = \frac{11,5}{6}$ см.

2) Т.к. процесс изобарный

$\frac{\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)}{T_0} = \frac{\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right)}{T_2}$ $\qquad 4g = 9$ мм, $g = \frac{9}{4}$ мм

$T_2 = T_0\,\frac{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}} = T_0\left(1-\frac{x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}\right)$ $\qquad d(\text{дел}) = \frac{9}{4}x(\text{мм})$

$x = \frac{4}{9}d$

$\Delta T = \frac{24}{11,5\cdot 9}$

$\cdot 0,23 \approx \frac{1}{4}$ дел.

$\Delta T(к) = d(\text{дел})\cdot 0,23$

3) $\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)\Delta T = x\left(2T_0 - \frac{T_0 2x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}+\Delta T\right)$

$\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)\Delta T = 2xT_0 - \frac{2x^2}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}} + x\Delta T$

$\Delta T\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right) = 2T_0x - \frac{2x^2}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}$

$\Delta T = \frac{2T_0x - \frac{2x^2}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x}$ & нелинейна.

$\Delta T = \frac{(600к)\cdot x - \frac{2x^2}{(1150\,см)}}{(1150\,см)-x}$

ΔT

$1к = 1,1738$ дел.

$\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)\Delta T = x\left(2T_0\left(1-\frac{x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}\right)+\Delta T\right)$

$\cancel{\Delta T\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right) = 2T_0\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right)x \Big/ \left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)}$

$\Delta T = T_0 x\,\frac{2}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}$ $\qquad$ линейная

$\Delta T(к) = 300к\cdot\frac{2x(см)}{1150\,см} = x(см)\cdot 5,2\cdot 10^{-3} = 0,5217\cdot x(см) = \frac{6}{11,5}x(см)$

Т.к. ~~1 деление~~ $= \frac{4}{9}$ см $= 0,44$ см, то $\quad 1$ см $= 2,25$ дел

$g = 2,25$ мм.

4) Т.к. процесс изобарный, то

$$\frac{\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)}{T_0} = \frac{\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right)}{T_2}$$

$$T_2 = T_0\,\frac{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}$$, подставив в ** получим:

5) $$\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)\Delta T = x\left(2T_0\,\frac{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}+\Delta T\right)$$

$$\Delta T\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x\right) = 2T_0 x\cdot\frac{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}-x}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}$$

$$\boxed{\Delta T = x\cdot\frac{2T_0}{\frac{V}{S}+\frac{L}{2}}}$$, т.е. зависимость линейна (заметим, что x может быть как (+), так и (−)),

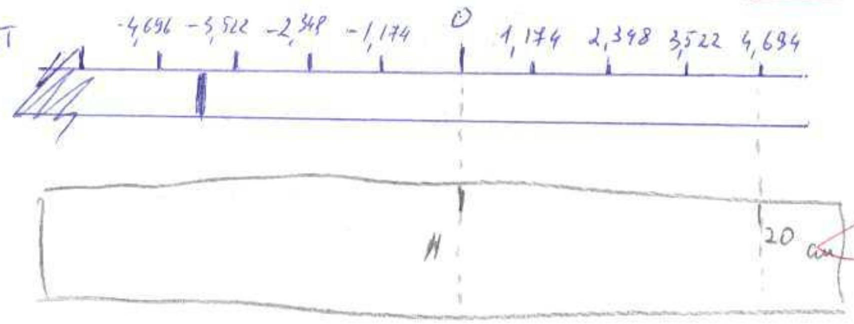
значит и шкала будет линейной

6) Из рисунка видно, что 4 делениям соответсвует примерно 9 см.
пусть d - длина в ед. шкалы, тогда $4d = 9x$; $x = \frac{4}{9}d$;

$k = \frac{V}{S}+\frac{L}{2} = 1150$ см $\approx 511,(1)$ дел

7) Пусть $\Delta T_1 = 1$ K, тогда $\Delta T_1 = \frac{\frac{8}{9} d T_0}{k} \Rightarrow d = \frac{\Delta T_1}{T_0}\frac{9}{8}k$

одному К соответсвует $\Delta x = \frac{\Delta T_1\left(\frac{V}{S}+\frac{L}{2}\right)}{2T_0} = \frac{11,5}{6}$ см, тогда
одному К соответствует $\frac{11,5\cdot 4}{6\cdot 9} = 0,850$ делений или одному делению 1,174 К.



Σ8

Ответ: линейная.

4) Дано:

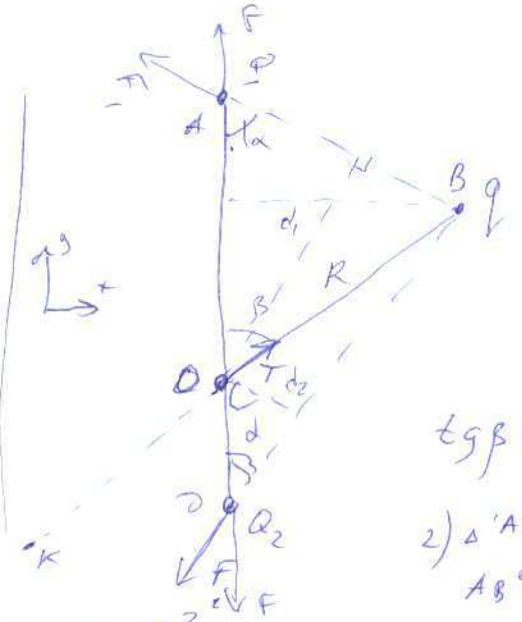
$q, Q_2, L_2, L_1, R, \beta$

Найти Q_1

Дано:

$L_1 = 2L_2 \quad R = 3L_2$

Найти: Q_1



1) По 2 з-ну Ньютона:

$$Ox:\ F_1 \sin\alpha + F_2 \sin\gamma = T\sin\beta$$
$$F_1\cos\alpha - F_2\cos\gamma + T\cos\beta - F + F = 0$$

отсюда

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

2) ΔABC:

$$AB^2 = L_1^2 + R^2 - 2L_1R\cos\beta$$
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R\sin\beta}{L_1 - R\cos\beta}$$

ΔDCB:

$$BD^2 = L_2^2 + R^2 + 2L_2R\cos\beta$$
$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{R\sin\beta}{L_2 + R\cos\beta}$$

3)
$$\cos^2\alpha = \frac{(L_1 - R\cos\beta)^2}{L_1^2 - 2L_1R\cos\beta + R^2}$$
$$\sin^2\alpha = \frac{R^2\sin^2\beta}{-2L_1R\cos\beta + L_1^2 + R^2}$$
$$\cos^2\gamma = \frac{(L_2 + R\cos\beta)^2}{(L_2 + R\cos\beta)^2 + R^2\sin\beta} = \frac{L_2 + R^2\cos^2\beta + 2L_2R\cos\beta}{L_2^2 + R^2\cos^2 + 2RL_2\cos\beta} = 1 + \frac{R^2\cos^2\beta - R^2}{L_2^2 + R^2 + 2RL_2\cos\beta}$$
$$\sin^2\gamma = \frac{R^2\sin^2\beta}{L_2^2 + R^2 + 2RL_2\cos\beta}$$
$$\boxed{\sin\alpha = \frac{R\sin\beta}{AB}}$$
$$\boxed{\sin\gamma = \frac{R\sin\beta}{BD}}$$
$$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{R^2\sin^2\beta}{AB^2}}$$
$$\cos\gamma = \frac{\sqrt{BD^2 - R^2\sin^2\beta}}{BD}$$

4)
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{F_1\frac{R\sin\beta}{AB} + F_2\frac{R\sin\beta}{BD}}{F_2\frac{\sqrt{BD^2 - R^2\sin^2\beta}}{BD} - F_1\frac{\sqrt{AB^2 - R^2\sin^2\beta}}{AB}}$$

5)
$$\sqrt{BD^2 - R^2\sin^2\beta} = \sqrt{L_2^2 + R^2 + 2L_2R\cos\beta - R^2\sin^2\beta} = \sqrt{(L_2 + R\cos\beta)^2} = L_2 + R\cos\beta$$
$$\sqrt{AB^2 - R^2\sin^2\beta} = L_1 - R\cos\beta$$

6)
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{F_1\frac{R\sin\beta}{AB} + F_2\frac{R\sin\beta}{BD}}{\frac{F_2(L_2 + R\cos\beta)}{BD} - \frac{F_1(L_1 - R\cos\beta)}{AB}} =$$
$$= \frac{F_1R\sin\beta\cdot BD + F_2\cdot R\sin\beta\, AB}{F_2\cdot AB(L_2 + R\cos\beta) - F_1(L_1 - R\cos\beta)BD} =$$
$$= \frac{Q_1R\sin\beta\frac{BD}{AB^2} + Q_2R\sin\beta\frac{AB}{BD^2}}{Q_2\cdot(L_2 + R\cos\beta)\frac{AB}{BD^2} - Q_1(L_1 - R\cos\beta)\frac{BD}{AB^2}} =$$

$$= \frac{Q_1R\sin\beta BD^3 + Q_2R\sin\beta AB^3}{Q_2(L_2 + R\cos\beta)AB^3 - Q_1(L_1 - R\cos\beta)BD^3}$$

$$\operatorname{tg}\beta Q_2L_2 + RAB^3\sin\beta Q_2 - \operatorname{tg}\beta Q_1L_1 + Q_1R\sin\beta BD^3 = Q_1\sin\beta BD^3 + Q_2R\sin\beta AB^3$$

$$\boxed{Q_1 = \frac{L_2}{L_1}Q_2}\ ?$$