Ф11—3

ЧЕРНОВИК

РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА 2017 ПО ФИЗИКЕ

Задача 2.

1) Если включить одновременно n стеклоподъёмников, то сила тока в моторе каждого из них будет в n раз меньше, чем в случае, когда включен один стеклоподъёмник.

1	2	3	4	5	Σ
3	1	8	4	3	19

2) По II з-ну Ньютона

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$F \sim I$, следовательно

$a \sim I$.

3) $S = v_0 t^{\nearrow 0} + \frac{a t^2}{2}$

$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

4) $\frac{t_3}{t_1} \sim \sqrt{\frac{a_1}{a_3}} \sim \sqrt{\frac{I_1}{I_3}} \sim \sqrt{\frac{3}{1}}$

$t_3 = \sqrt{3}\, t_1$

5) $\frac{t_4}{t_1} \sim \sqrt{\frac{I_1}{I_4}} \approx \sqrt{\frac{4}{1}} \sim 2$

$t_4 = 2t_1$

1

Ответ: 1) $t_3 = \sqrt{3}\, t_1$

2) $t_4 = 2t_1$

Задача 3.

1) $W_c = \frac{q^2}{2C}$

Скорость изменения энергии конденсатора – производная энергии по времени. (W_c').

2) $W_c' = \left(\frac{q^2}{2C}\right)'$

$W_c' = \frac{2q \cdot q'}{2C} = \frac{q \cdot q'}{C} = U_c \cdot q'$

3) $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q'$

Тогда $W_c' = U_c \cdot q' = U_c \cdot i$

4) $\mathcal{E} = U_c + U_R$

$U_R = i \cdot R \Rightarrow U_c = \mathcal{E} - i \cdot R$

5) $W_c' = (\mathcal{E} - i \cdot R) \cdot i = -i^2 R + \mathcal{E} i$

Функция принимает максимальное значение при $i = \frac{-\mathcal{E}}{-2R} = \frac{\mathcal{E}}{2R}$

$W'_{c\,max} = W_c'\left(\frac{\mathcal{E}}{2R}\right) = \left(\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{2}\right) \cdot \frac{\mathcal{E}}{2R} = \frac{\mathcal{E}^2}{4R}$

6) При скорости изменения энергии 75% от максимальной $W_c' = 0{,}75 \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{4R} = \frac{3\mathcal{E}^2}{16R}$

Найдем соответствующее этому значение i.

$-i^2R + \mathcal{E}i = \frac{3\mathcal{E}^2}{16R}$

$i^2R - \mathcal{E}i + \frac{3\mathcal{E}^2}{16R} = 0$

$D = \mathcal{E}^2 - \frac{3\mathcal{E}^2}{4} = \frac{1}{4}\mathcal{E}^2; \quad \sqrt{D} = \frac{\mathcal{E}}{2}$

$i = \frac{\mathcal{E} \pm \frac{\mathcal{E}}{2}}{2R} = \underline{\frac{\mathcal{E}}{4R}; \frac{3\mathcal{E}}{4R}}$ +

При этом сначала будет получено значение $i = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$, т. к. сила тока будет убывать с $i = \frac{\mathcal{E}}{R}$ до $i = 0A$.

7) $U_c = \frac{q}{C} = \mathcal{E} - iR = \mathcal{E} - \frac{3}{4}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{4}$

$q = CU_c = \frac{\mathcal{E}}{4} \cdot C = \frac{C\mathcal{E}}{4}$

8) Вся работа, совершаемая пока ключ замкнут равна $A_{ст} = \mathcal{E}q$

$A_{ст} = \mathcal{E}q = \frac{C\mathcal{E}^2}{4}$

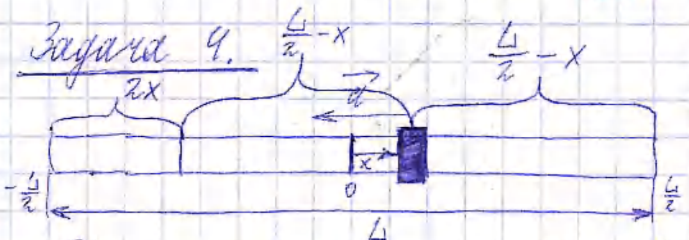
Полезная работа равна энергии до которой зарядится конденсатор.

$W_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{C^2\mathcal{E}^2}{16 \cdot 2C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{32}$

9) $Q = A_{ст} - W_c = \frac{C\mathcal{E}^2}{4} - \frac{C\mathcal{E}^2}{32} = \frac{7C\mathcal{E}^2}{32}$

Ответ: $Q = \frac{7C\mathcal{E}^2}{32}$ + 8

Задача 4.



Пусть изначально смещение бусинки относительно центра тяжести (середины) стержня равно x. Тогда неуравновешенным оказывается действие силы притяжения со стороны участка стержня длиной 2x на расстоянии $\frac{L}{2}$ от бусинки. Его масса равна $\frac{2x}{L} \cdot M$. +1

Т.к. $x \ll L$, то расстояние до всех его точек приближенно равно $\frac{L}{2}$.

II з-н Ньютона:

$$-G\frac{Mm\cdot\frac{2x}{L}}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} = ma$$

$$-\frac{8GMx}{L^3} = \cancel{m}a$$

$$a = x''$$

$$x'' = -\frac{8GM}{L^3}x \quad +2$$

$$x(t) = X_m \cdot \cos(\omega t), \text{ где } \omega = \sqrt{\frac{8GM}{L^3}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

+1 ω, T

$$T = \frac{2\pi L\sqrt{L}}{2\sqrt{2GM}} = \frac{\pi L\sqrt{L}}{\sqrt{2GM}}$$

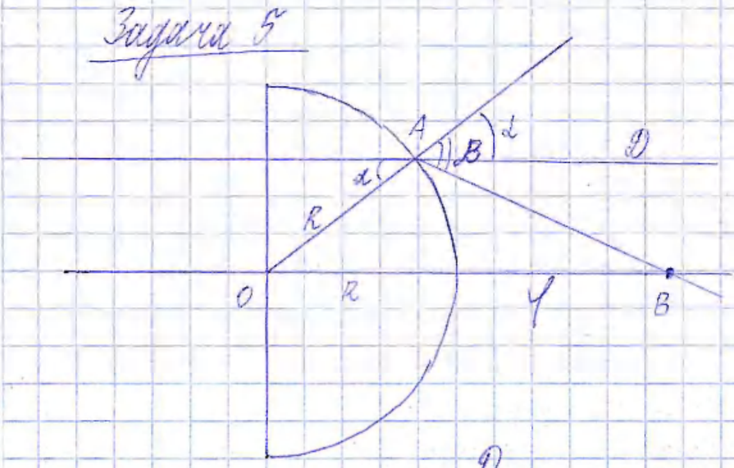
не учтено
изменение стер.

До середины стержня бусинка дойдёт за время: $\cancel{\frac{T}{4}}$ $\tau = \frac{T}{4}$

$$\tau = \frac{\pi L\sqrt{L}}{4\sqrt{2GM}} \approx 25 \text{ суток } (2{,}15\cdot10^6 \text{ секунд})$$

Ответ: $\tau = \frac{\pi L\sqrt{L}}{4\sqrt{2GM}} = 2{,}15\cdot10^6\,c \approx 25$ суток.

Задача 5



1) $\angle OBA = \angle DAB = \beta - \alpha$

$\angle OAB = 180 - \beta \Rightarrow$

$\Rightarrow \sin\angle OAB = \sin\beta$

$$\frac{R+f}{\sin\angle OAB} = \frac{R}{\sin\angle OBA}$$

Для малых α и β: ?

$$\frac{R+f}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\beta - \sin\alpha}$$

$\sin\beta = n \cdot \sin\alpha$

$$\frac{R+f}{n} = \frac{R}{n-1}$$

$$f(n-1) + Rn - R = Rn$$

$$f = \frac{R}{n-1}$$

На рисунке 4 расстояние до линзы равно $R + 2f = 3R$

На ~~рис~~ рисунке 5 расстояние до линзы равно $R + f = 2R$

$$R = \frac{1}{2} d = \frac{21}{2} = 10{,}5 \text{ мм.}$$

$L_1 = 3R = 3{,}15$ см

$L_2 = 2R = 2{,}1$ см

3

Ответ: $L_1 = 3{,}15$ см; $L_2 = 2{,}1$ см.

Задача 1.

Пусть $H(t)$ – зависимость изменения высоты поверхности жидкости в правом сосуде от времени. $h(t)$ – зависимость изменения высоты ~~столба~~ объёма воздуха под поршнем ~~газом~~ от времени.

$\rho g v t = 2\rho g H(t)$

Тогда в любой момент времени на воздух под поршнем действует давление

$P = \rho g v t = 2\rho g (H(t))$. и атмосферное давление.

$\frac{VP}{T} = const$; $T = const$

$V_0 P_0 = VP$

$\frac{P_0}{P} = \frac{l - h(t)}{l}$ $\ominus$

$P = \frac{P_0 l}{l - h(t)}$

$\rho g v t + 2\rho g l = \frac{2\rho g l^2}{l - h(t)}$

$vt + 2l = \frac{2l^2}{l - h(t)}$

$2l^2 + vtl - h(t)(vt + 2l) = 2l^2$

$h(t) = \frac{vtl}{vt + 2l}$

$v_1 = h' = \frac{2vl^2}{(vt+2l)^2}$

1) $v_п = \frac{v}{2} - \frac{2vl^2}{2(vt+2l)^2} = \frac{v}{2} - \frac{vl^2}{(vt+2l)^2}$

$v_н(0) = \frac{v}{2} - \frac{v}{4} = 0{,}05$ м/с

2) $v_{порш} = v - \cancel{v_1} = \frac{3}{4}v = 0,15$ мм/с

3) $H(t) = \frac{vt}{2}$

$L(t)$ – высота от дна сосуда поверхности жидкости над поршнем.

$$L(t) = 2l + vt - \frac{vt}{2} - \frac{vtl}{vt+2l} = 2l + \frac{vt}{2} - \frac{vtl}{vt+2l}$$

$L(600) = 22,25$ см

$L(1100) = 25,76$ см

Ответ: 1) 0,05 мм/с

2) 0,15 мм/с вниз

3) При $t = 600$ с – 22,25 см

При $t = 1100$ с – 25,76 см

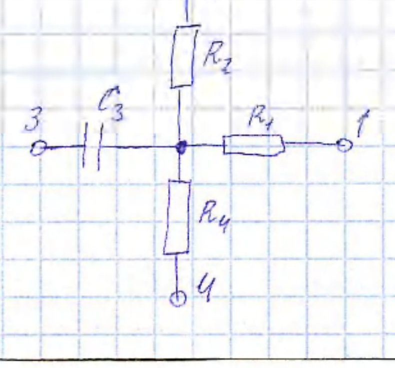
3

Задача 11.2. ФЭ11-2

1	2	Σ
6	14	20

(Чёрный ящик №3)

1) Подключая мультиметр в режиме омметра к разным клеммам можно заметить, что сопротивление между выходами 1-2; 1-4 и 2-4 постоянно и не зависит от направления тока. При ~~соединении~~ ~~вых~~ измерении сопротивления между выходами 3-1; 3-2; 3-4 показания мультиметра меняются (возрастают). При этом вольтметр показывает наличие напряжения между выходом 3 и любым другим. При этом его полярность зависит от того, как производились измерения сопротивления. На основе этого можно построить следующую схему чёрного ящика:



На основании измерений

$$\begin{cases} R_1 + R_2 = 1{,}113 \text{ МОм} \\ R_2 + R_4 = 1{,}399 \text{ МОм} \\ R_1 + R_4 = 0{,}841 \text{ МОм} \end{cases}$$

Из этой системы следует, что:

$$\begin{cases} 2R_2 = 1{,}113 + 1{,}399 - 0{,}841 = 1{,}671 & (МОм) \\ 2R_1 = 1{,}113 + 0{,}841 - 1{,}399 = 0{,}555 & (МОм) \\ 2R_4 = 1{,}399 + 0{,}841 - 1{,}113 = 1{,}127 & (МОм) \end{cases}$$

$R_1 = 0{,}2775$ МОм

$R_2 = 0{,}8355$ МОм

$R_4 = 0{,}5635$ МОм

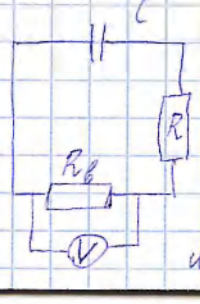
2) Подключив мультиметр в режиме омметра в диапазоне 2000 кОм к выходам 1-3 позволим зарядится конденсатору. Через некоторое время

$U_{13} = 0{,}48$ В

$U_{34} = 0{,}47$ В

$U_{32} = 0{,}46$ В

Схему данных измерений можно представить, как:



где R − R_1, R_2 или R_3 в зависимости от выхода.

$R_в$ − внутренне сопротивление мультиметра в режиме вольтметра

V- ~~тут~~ вольтметр с бесконечно большим сопротивлением.

Тогда $U_{31}, U_{32}, U_{34} = U_{R_в} = IR_в$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
1	1	1	1	3	2	3	1	1	0	14

$$\begin{cases} \dfrac{U_c}{R_1+R_в} \cdot R_в = U_{31} & (1) \\ \dfrac{U_c}{R_2+R_в} \cdot R_в = U_{32}; & (2) \\ \dfrac{U_c}{R_4+R_в} \cdot R_в = U_{34} & (3) \end{cases}$$

Разделим (1) на (2)

$$\frac{R_2+R_в}{R_1+R_в} = \frac{U_{31}}{U_{32}}$$

$$R_в + 0,8355 = 1,043 \cdot R_в + 1,043 \cdot 0,2775$$

$$R_в = 12,56$$

$$U_c = \frac{U_{34} \cdot (R_4+R_в)}{R_в} = 0,49\ В$$

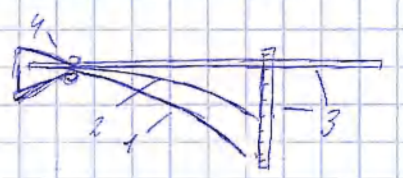
Однако, U_c равно напряжению на выходе мультиметра в режиме омметра (2 МОм).

Ответ: $R_1 = 0,2775$ МОм; $R_2 = 0,8355$ МОм; $R_4 = 0,5633$ МОм.

$U_{\text{омметра (2000 кОм)}} = 0,49\ В$; $R_{\text{вольтметра (20 В)}} = 12,56$ МОм.

Задание 11.1.

1) Используя полоски бумаги 1 см и 2 см выяснили, что y для полоски шириной 1 см в два раза больше чем для полоски шириной 2 см.



1, 2 – листы бумаги ~~толщиной~~ шириной 1 см и 2 см

3 – линейки

4 – зажим

надо было больше длину

1

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{y_2}{y_1}, \text{ следовательно}$$

$$y \sim b^{-1}, \ (3 = -1)$$

2)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = F/ES$$

Одно, для горизонтально расположенной планки

$$F \approx mg = \rho V g = \rho b \delta l g$$

$$\Delta l = y \ ; \ S = \delta b$$

$$\frac{y}{l} \approx \frac{\rho b \delta l g}{E \cdot \delta b}$$

$$y \sim \frac{\rho g l^2}{E}$$

Тогда формула (2) принимает вид

$$y = \beta E^{-1} \rho^{1} b^{-1} \delta^{-2} g^{1} l^{4} =$$

$$= \frac{\beta \rho g l^{4}}{E b \delta^{2}}$$

Тогда

$$l_{кр}^{3} = \alpha E^{1} \rho^{-1} b^{1} \delta^{2} g^{-1} = \frac{\alpha E \delta^{2} b}{\rho \cancel{b} g}$$

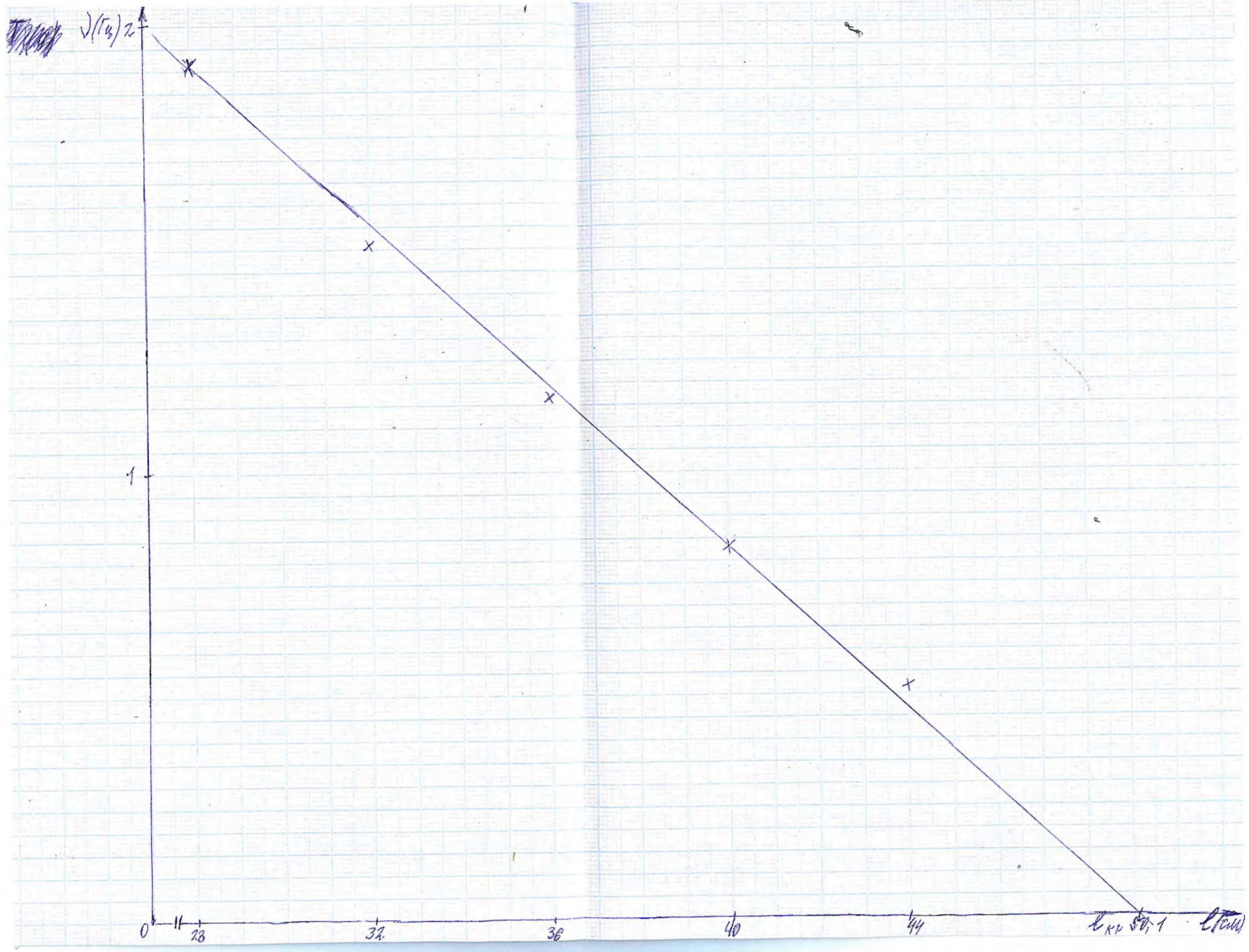
3) При непосредственных измерениях $l_{кр} \approx 45$ см

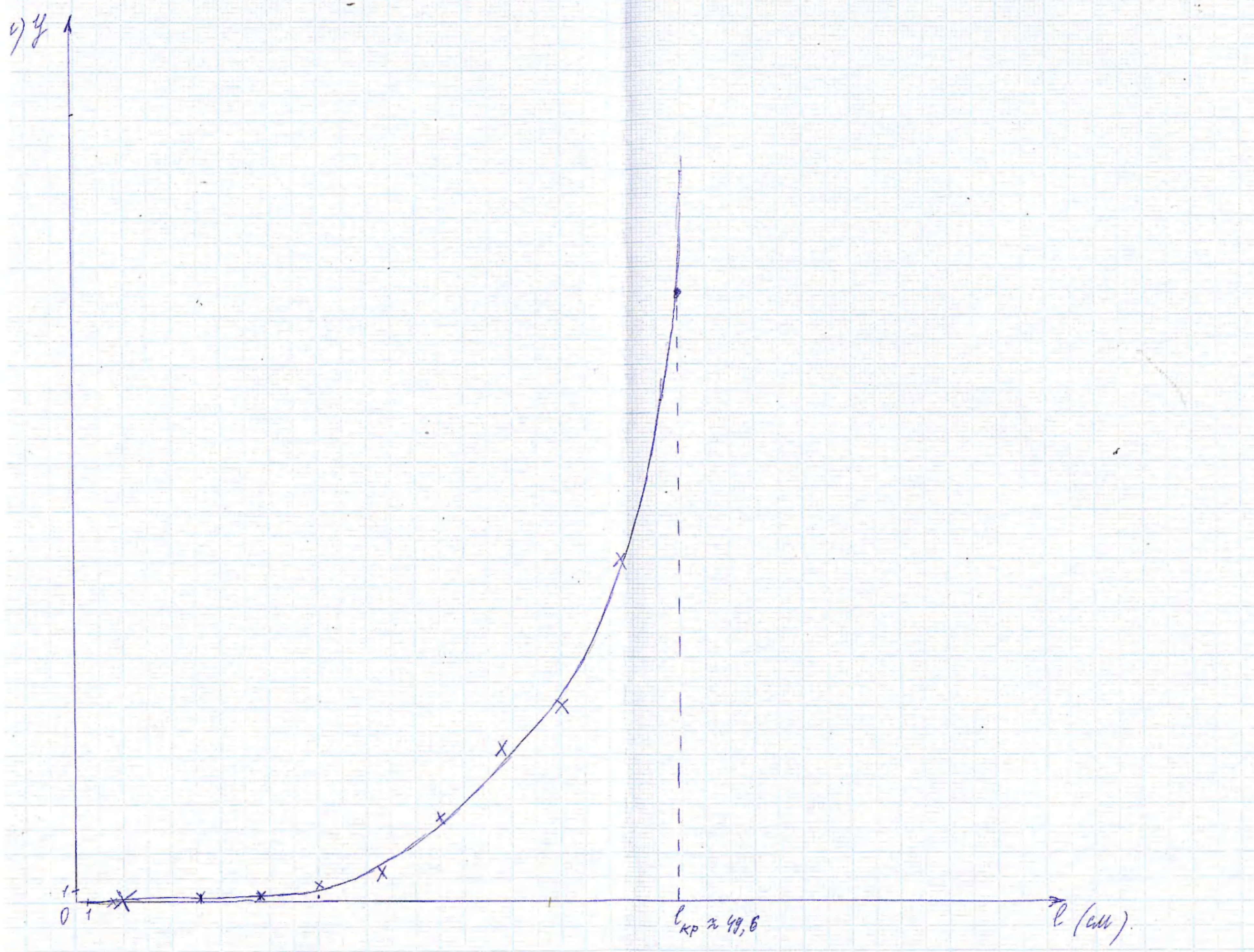
4)

l (см)	N_1	t_1 (сек)	N_2	t_2 (сек)	T_1 (сек)	T_2 (сек)	T (сек)	ν (Гц)
28	22	11^{12}	22	11^{75}	0,51	0,53	0,52	1,925
32	19	12^{88}	18	11^{72}	0,68	0,64	0,66	1,51
36	18	15^{59}	15	12^{65}	0,87	0,84	0,85	1,17
40	10	12^{16}	13	15^{54}	1,21	1,19	1,20	0,83
44	10	18^{50}	7	14^{01}	1,89	2,04	1,92	0,52

5) При длине больше критической колебания прекратятся (частота будет равна 0). По графику 1 найдём точку пересечения наилучшей прямой с осью l. $l_{кр} = 50,1$ см.

6)


ν (Гц)
2
1
0
28
32
36
40
44
$l_{кр}$ 50,1
l (см)



c) y
0
1
1
$\ell_{кр} \approx 49,6$
ℓ (см)

о звуку

$$l_{кр}^3 = \frac{\alpha \delta^2 b}{g} \cdot \frac{E}{\rho} = \frac{\alpha \delta^2 b}{g} \cdot \left(c_{зв}^{I}\right)^2$$

$$c_{зв}^{I} = \sqrt{\frac{l_{кр}^3 \, g}{\alpha \delta^2 b}} = \cancel{1090 м/с}\ 15796 м/с$$

(7)

y (см)	l (см)
0,1	10
0,4	15
1,2	20
3	25
7	30
12,5	35
20,5	40
28	45
0	5

$$y = \frac{B \rho g l^4}{E \delta^2 b} = \frac{B l^4 \alpha}{l_{кр}^3} \approx \frac{l^4}{l_{кр}^3}$$

При $l_{кр}$ $y = l$; $l_{кр}^{II} = 49{,}6$ см

(8)

$$c_{зв}^{II} = \sqrt{\frac{l_{кр}^{II\,3} \cdot g}{\alpha \delta^2 b}} = 15560 м/с$$

$$c_{зв}^{I} \approx c_{зв}^{II}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Σ
0	0	0,5	0	1,0	1	0	1	1,5	1,0	0	0	0	6

мало [illegible]
-0,5 нет д.ин.

мало
точек.

плохие
коэф[illegible]