Р11-6

Региональный этап

всероссийской олимпиады школьников

по физике в 2019 г.

ПЕРВЫЙ ТУР

Фамилия Минков

Имя Максим

Отчество Игоревич

Класс 11а

Территория г. Кунгур

Полное наименование образовательной организации (по Уставу)

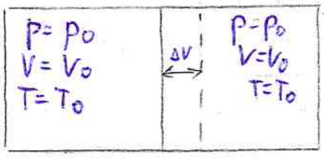
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение лицей №1 города Кунгура

Всероссийская олимпиада школьников по физике
2018/2019 учебный год.
Региональный этап.

11 класс

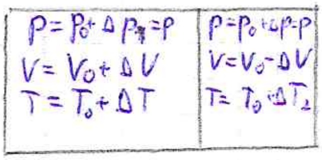
Шифр Ф 11 - 6

1	2	3	4	5	Σ
6	0	10	10	~~7~~ ~3	33



~~Т.к. Давлени~~ Т.к. поршень находится в равновесии, то давления в обеих частях сосуда равны.

По уравнению Менделеева-Клапейрона



$$\begin{cases} p(V_0+\Delta V) = \nu R(T_0+\Delta T) \\ p(V_0-\Delta V) = \nu R(T_0+\Delta T_2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} pV_0 + p\Delta V = \nu R T_0 + \nu R\Delta T \\ pV_0 - p\Delta V = \nu R T_0 + \nu R \Delta T_2 \end{cases}; \quad \cancel{2pV_0 = 2\nu R T_0 + \nu R\Delta T + \nu R \Delta T_2}$$

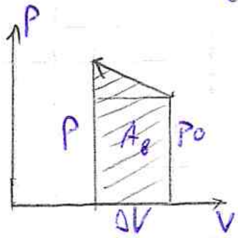
$$\begin{cases} pV_0 + p\Delta V = \nu R T_0 + \nu R\Delta T \\ -pV_0 + p\Delta V = -\nu R T_0 - \nu R \Delta T_2 \end{cases}; \quad 2p\Delta V = \nu R(\Delta T - \Delta T_2)$$

$$p\Delta V = \nu R \frac{\Delta T - \Delta T_2}{2}$$

Сосуд в целом не совершает работы, т.е $A = 0$. Тогда

$$Q = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{i}{2}\nu R\Delta T_1 + \frac{i}{2}\nu R \Delta T_2$$

Для гелия (одноатомного газа) $i = 3$; $Q = \frac{\Delta T + \Delta T_2}{2}\cdot 3\nu R$



~~При~~ малых ΔT, ΔV и Δp, $A_в = \frac{p_0+p}{2}\Delta V = \frac{p-\Delta p+p}{2}\Delta V = p\Delta V + \frac{1}{2}\Delta p\Delta V \approx p\Delta V$

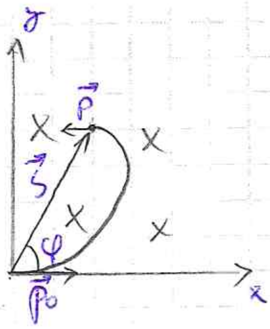
$Q = 0$ для правой части сосуда, знач.

$$\Delta U_2 = A_в; \quad \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 = p\Delta V; \quad \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 = \nu R\frac{\Delta T - \Delta T_2}{2}$$

$$\cancel{3\nu R\Delta T_2 =} \quad 3\Delta T_2 = \Delta T - \Delta T_2; \quad 4\Delta T_2 = \Delta T; \quad \Delta T_2 = \frac{1}{4}\Delta T$$

Тогда $Q = \frac{\Delta T + \frac{1}{4}\Delta T}{2}\cdot 3\nu R = \frac{15}{8}\nu R\Delta T = \frac{15}{8}R\Delta T$

Ответ: $\Delta T_2 = \frac{\Delta T}{4}$; $Q = \frac{15}{8}R\Delta T$



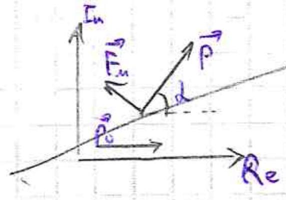
№5

~~Пусть~~ $R = \frac{mv}{qB}$; $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

Т.к. T не зависит от v, то $\vec p \uparrow\downarrow \vec p_0$ через $\frac{T}{2}$

Т.к. скорость в начале движения перпендикулярна $\vec B$, то движение происходит в одной плоскости

Дано:
q, B, p_0, φ



$p_x = |p|\cos\alpha \qquad F_x = -|F|\sin\alpha$

$p_y = |p|\sin\alpha \qquad F_y = |F|\cos\alpha$

$p = |p|(\cos\alpha + i\sin\alpha) = |p|e^{i\alpha}$

~~$F = |F|$~~

$F_c = kv$ – сила сопр., k – коэфф. вязкости.

Сила со стороны магн. поля не изм. модуль скорости, зн. модуль скорости изм. только под воздействием сила сопр.

$$mv' = -F_c = -kv$$

$$mv' + kv = 0$$
$$mr + k = 0$$
$$r = -\frac{k}{m}$$

$v = Ce^{-\frac{k}{m}t}$. В $t=0$ $v_0 = Ce^{-\frac{k}{m}\cdot 0} = C$,

$v = v_0 e^{-\frac{k}{m}t}$; $|p| = p_0 e^{-\frac{k}{m}t}$

Если расположить $\vec p$ в компл. плоскости, то тогда

$$p = |p_0|(\cos\alpha + i\sin\alpha) = |p|e^{i\alpha} = p_0 e^{-\frac{k}{m}t + i\alpha}$$

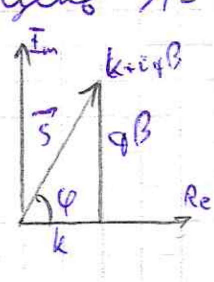
$\alpha = 2\pi\cdot\frac{t}{T}$; $p = p_0 e^{\left(-\frac{k}{m} + i\frac{2\pi}{T}\right)t}$

$v = v_0 e^{\left(-\frac{k}{m} + i\frac{2\pi}{T}\right)t}$; $\vec S = \int_0^{\frac{T}{2}} v\,dt = \int_0^{\frac{T}{2}} v_0 e^{\left(-\frac{k}{m} + i\frac{2\pi}{T}\right)t} = \frac{v_0}{-\frac{k}{m} + i\frac{2\pi}{T}}\left[e^{\left(-\frac{k}{m} + i\frac{2\pi}{T}\right)\frac{T}{2}} - 1\right]$

$= \left(-\frac{k}{m} - i\frac{2\pi}{T}\right)\frac{v_0}{\frac{k^2}{m^2} - \frac{4\pi^2}{T^2}}\left(-e^{-\frac{kT}{2m}} - 1\right) = \left(\frac{k}{m} + i\frac{qB}{m}\right)\frac{v_0}{\frac{k^2}{m^2} - \frac{q^2B^2}{m^2}}\left[e^{-\frac{2\pi k}{qB}} + 1\right]$

~~Пусть~~ $= (k + iqB)\frac{v_0 m}{k^2 - q^2B^2}\left(e^{-\frac{2\pi k}{qB}} + 1\right)$

Пусть $A = \frac{v_0 m}{k^2 - q^2B^2}\left(e^{-\frac{2\pi k}{qB}} + 1\right) \in \mathbb{R}$, тогда $S = (k + iqB)A$



$\operatorname{tg}\varphi = \frac{qB}{k}$; $k = \frac{qB}{\operatorname{tg}\varphi}$; ~~$l = \int_0$~~

$l = \int_0^{+\infty}|v|\,dt = \int_0^{+\infty} v_0 e^{-\frac{k}{m}t}\,dt = -\frac{v_0 m}{k}\left[e^{-\frac{k}{m}t}\right]_0^{+\infty} = \frac{v_0 m}{k}e^0 = \frac{v_0 m}{k} = \frac{p_0}{k}$

$= \frac{p_0 \operatorname{tg}\varphi}{qB}$ +

$S = \int_0^{+\infty} v_0 e^{(-\frac{k}{m} + i\frac{2\pi}{T})t} dt = (-\frac{k}{m} - i\frac{2\pi}{T}) \frac{v_0}{\frac{k^2}{m^2} - \frac{4\pi^2}{T^2}} \left[e^{(-\frac{k}{m}+i\frac{2\pi}{T})t}\right]_0^{+\infty} = (k + iqB)\frac{V_0 m}{\frac{k^2}{?} - q^2B^2}$

$\cancel{|S| = \frac{k^2+q^2B^2}{k^2-q^2B^2} p_0 = \frac{\frac{q^2B^2}{tg^2\varphi} + q^2B^2}{\frac{q^2B^2}{tg\varphi} - q^2B^2} p_0 = \frac{q^2B^2 + q^2B^2 tg\varphi}{q^2B^2 - q^2B^2 tg\varphi} p_0 = \frac{1+tg\varphi}{1-tg\varphi} p_0}$

—

~~Ответ:~~ $\cancel{\ell = \frac{p_0 tg\varphi}{qB}}$;

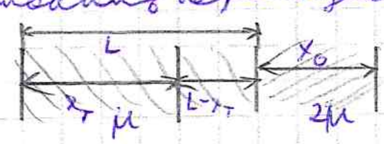
$|S|^2 = \frac{k^2+q^2B^2}{(k^2-q^2B^2)^2} p_0^2 = \frac{q^2B^2(\frac{1}{tg^2\varphi}+1)}{q^4B^4(\frac{1}{tg\varphi}-1)^2} p_0^2 =$ $\cancel{|S| = \sqrt{\frac{1}{}}}$

$= \frac{tg\varphi(1+tg\varphi)}{q^2B^2(1-tg\varphi)^2} p_0^2$; $|S| = \frac{p_0}{qB}\sqrt{\frac{tg\varphi(1+tg\varphi)}{(1-tg\varphi)^2}}$

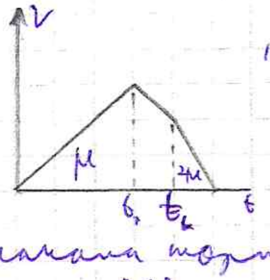
Ответ: $\ell = \frac{p_0}{qB} tg\varphi$; $|S| = \frac{p_0}{qB}\sqrt{\frac{tg\varphi(1+tg\varphi)}{(1-tg\varphi)^2}}$

№1

Предположим, что какое-то время автомобиль перемещался не с максимальным ускорением (BC). Если на этот участке автомобиль будет первую половину участка ускоряться, а вторую — замедляться, то он пройдет большее расстояние за то же самое время.



Значит график зав. скорости от времени есть



, где t_T - время начала торможения, а t_L - время пересечения границы.

~~Пус~~ $F_1 = \mu mg$; $F_2 = 2\mu mg$; $a_1 = \mu g$; $a_2 = 2\mu g$

Пусть x_T - расстояние, кот. прошел автомобиль до начала торможения.

$x_T = \frac{a_1 t_T^2}{2} = \frac{\mu g t_T^2}{2}$; $t_T^2 = \frac{2x_T}{\mu g}$; $t_T = \sqrt{\frac{2x_T}{\mu g}}$

За это время он приобр. скорость $v_T = a_1 t_T = \mu g\sqrt{\frac{2x_T}{\mu g}} = \sqrt{2x_T \mu g}$

До конца 1 участка остается $L - x_T$, за ~~скорос~~

$L - x_T = \frac{V_0^2 - V_T^2}{-2a} = \frac{2x_T\mu g - V_0^2}{2\mu g} = x_T - \frac{V_0^2}{2\mu g}$; $\frac{V_0^2}{2\mu g} = 2x_T - L$; $V_0 = \sqrt{2\mu g(2x_T - L)}$

Для торможения с этой скорости потребуется время $t_0 = \frac{\sqrt{2\mu g(2x_T - L)}}{2\mu g}$
$= \sqrt{\frac{2x_T - L}{2\mu g}}$

На прохождение участка $\cancel{x_T}$ $L-x_T$ потребуется $t_2=\frac{v_0-v_T}{-\mu g}=$

$$=\frac{\sqrt{2x_T\mu g}-\sqrt{2\mu g(2x_T-L)}}{\mu g}=\frac{\sqrt{2x_T}-\sqrt{4x_T-2L}}{\sqrt{\mu g}}$$

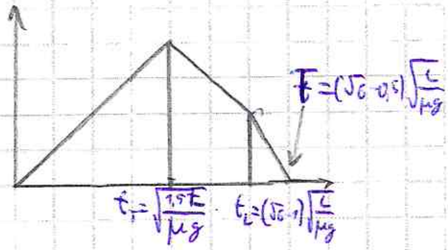
Итого $T=t_T+t_2+t_0=\sqrt{\frac{2x_T}{\mu g}}+\frac{\sqrt{2x_T}-\sqrt{4x_T-2L}}{\sqrt{\mu g}}+\sqrt{\frac{x_T-\frac{L}{2}}{\mu g}}=\frac{\sqrt{2x_T}+\sqrt{2x_T}-2\sqrt{x_T-\frac{L}{2}}+\sqrt{x_T-\frac{L}{2}}}{\sqrt{\mu g}}$

$=\frac{2\sqrt{2x_T}-\sqrt{x_T-\frac{L}{2}}}{\sqrt{\mu g}}$; $T'=\frac{2}{\sqrt{\mu g}}\left(\sqrt{2x_T}\right)'-\frac{1}{\sqrt{\mu g}}\left(\sqrt{x_T-\frac{L}{2}}\right)'=\frac{2}{\sqrt{\mu g}}\cdot\frac{2}{2\sqrt{2x_T}}-\frac{1}{\sqrt{\mu g}}\cdot\frac{1}{2\sqrt{x_T-\frac{L}{2}}}$

$=\frac{2}{\sqrt{2\mu g x_T}}-\frac{1}{2\sqrt{\mu g(x_T-L)}}$ $T'=0$ при $\frac{2}{\sqrt{2\mu g x_T}}=\frac{1}{2\sqrt{\mu g(x_T-L)}}\Rightarrow 4\sqrt{\mu g(x_T-L)}=\sqrt{2\mu g x_T}$;

$4\sqrt{x_T-L}=\sqrt{2x_T}$; $16x_T-16L=4x_T$; $12x_T=16L$; $x_T=\frac{3}{4}L$

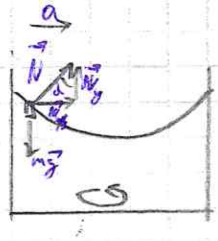
$T=\frac{2\sqrt{2\cdot\frac{3}{4}L}-\sqrt{\frac{3}{4}L-\frac{1}{2}L}}{\sqrt{\mu g}}=\frac{2\sqrt{1,5L}-\sqrt{0,25L}}{\sqrt{\mu g}}==(\sqrt{6}-0,5)\sqrt{\frac{L}{\mu g}}$



$v_0=\sqrt{2\mu g\left(2\cdot\frac{3}{4}L-L\right)}=\sqrt{\mu g L}$

Ответ: $T=(\sqrt{6}-0,5)\sqrt{\frac{L}{\mu g}}$; $v_0=\sqrt{\mu g L}$

№4

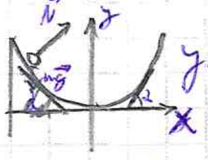


По 2 з. Н. $a=\frac{v^2}{R}=\frac{4\pi^2R}{T_0^2}$

$m\vec{a}=m\vec{g}+\vec{N}$

$\begin{cases}ma=N_x\\0=-mg+N_y\end{cases}$; $\begin{cases}N\sin\alpha=ma=\frac{4\pi^2R}{T_0^2}m\\N\cos\alpha=mg\end{cases}$

$\operatorname{tg}\alpha=\frac{ma}{mg}=\frac{a}{g}=\frac{4\pi^2R}{T_0^2g}$ $\operatorname{tg}\alpha=y'$



$y=\frac{2\pi^2}{T_0^2g}R^2$? +

Т.к. ~~$N_y=m\vec{g}$ ... , то и~~

~~$N_x=$~~

~~$E_p=\frac{2\pi^2}{T_0^2g}R^2\cdot mg=m\frac{2\pi^2}{T^2}x^2$; $E_k=\frac{mv^2}{2}$~~

~~$E=E_p+E_k=m\left(\frac{2\pi^2}{T_0^2}x^2+\frac{v^2}{2}\right)$~~

~~$\frac{E}{m}=\frac{2\pi^2}{T^2}x^2+\frac{(x')^2}{2}$ $\frac{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2}$; $\frac{E}{m}-\frac{2\pi^2}{T^2}x^2=\frac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right.$~~

~~$u=x^2$; $\frac{du}{dx}=2x$~~ $u=x^2$; $\frac{du}{dt}=\frac{du}{dx}\frac{dx}{dt}=2x\frac{dx}{dt}$

$$\cancel{\frac{E}{m} = \frac{2\pi^2}{T_0^2} x^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}$$

$$F_x = N_x = N \sin\alpha = \frac{mg}{\cos\alpha} \cdot \sin\alpha = mg \cdot \mathrm{tg}\,\alpha$$

$$x'' = -g \cdot \mathrm{tg}\,\alpha = -g \cdot \frac{4\pi^2}{T_0^2 g} x$$

$$x'' + \frac{4\pi^2}{T_0^2} x = 0$$

$$r^2 + \frac{4\pi^2}{T_0^2} = 0$$

$$r = \pm\frac{2\pi}{T_0} i \; ; \quad x = C_1 \sin\frac{2\pi}{T_0} t + C_2 \cos\frac{2\pi}{T_0} t$$

Период $x(t)$ равен $\frac{2\pi}{\frac{2\pi}{T_0}} = T_0$

Ответ: $T = T_0$

Региональный этап

всероссийской олимпиады школьников

по физике в 2019 г.

ФЭ11-13

ВТОРОЙ ТУР

Фамилия Минков

Имя Максим

Отчество Игоревич

Класс 11а

Территория г. Кунгур

Полное наименование образовательной организации (по Уставу)

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение лицей №1 города Кунгура

Всероссийская олимпиада школьников по физике
2018/2019 учебный год.
Региональный этап.

1	2	Σ
7	13	20

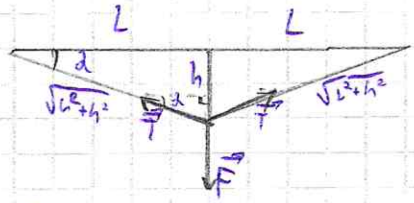
11 класс   Шифр ФЭ11-13

№1

Ход работы: прикрепим планку к краю стола канцелярскими клипсами, разогнём скрепку, повесим ее в посередине цепочки.

Поместим 1, 2, ..., 10 гаек на скрепку и измерим отклонение от начального положения

Кол-во гаек	F, Н	h, см
0	0,015	0
1	0,115	0,6
2	0,215	1
3	0,315	1,5
4	0,415	1,9
5	0,515	2,5
6	0,615	2,8
7	0,715	3,2
8	0,815	3,5
9	0,915	4
10	1,015	4,2



$\vec{T}_1+\vec{T}_2+\vec{F}=0$; $2T\sin\alpha=F$

$$T=\frac{F}{2\sin\alpha}=\frac{F}{2\frac{h}{\sqrt{L^2+h^2}}}=\frac{F}{2h}\cdot\sqrt{L^2+h^2}$$

$$T_0=\lim_{F\to0}T=\lim_{F\to0}\frac{F}{2h}\cdot\sqrt{L^2+h^2}$$

Если $F\to0$, то $h\to0$

$$T_0=\frac{L}{2}\cdot\lim_{F\to0}\frac{F}{h}=\frac{L}{2}\cdot\frac{dF}{dh}\Big|_{F=0}$$

По графику $\frac{dF}{dh}=\frac{0{,}2\,Н}{1{,}1\,см}=0{,}18\,\frac{Н}{см}$

$$T_0=\frac{15{,}5\,см}{2}\cdot0{,}18\,\frac{Н}{см}=1{,}4\,Н$$

$T=k\Delta x$, где $\Delta x=\sqrt{L^2+h^2}-l_0$, l_0 – длина равновесия.

Для $h=0$ $T=T_0$, т.е. $T_0=k(L-l_0)$

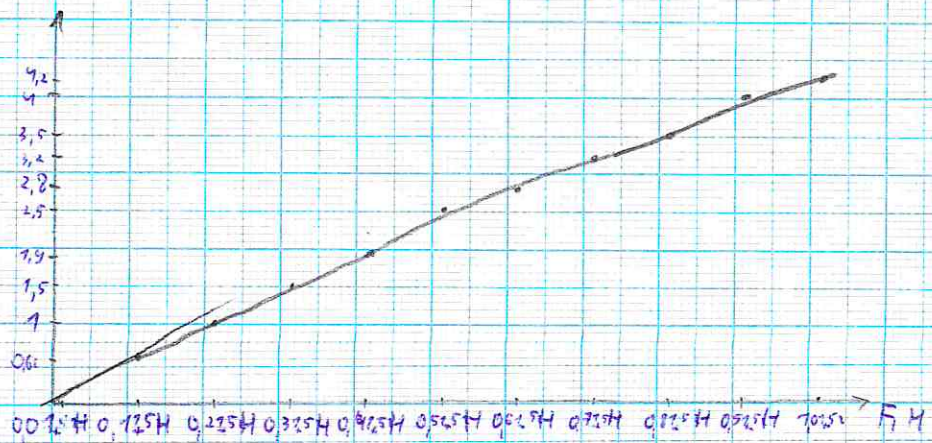
$$\begin{cases}T_0=k(L-l_0)\\T=k(\sqrt{L^2+h^2}-l_0)\end{cases};\ \begin{cases}T_0=kL-kl_0\\-T=kl_0-k\sqrt{L^2+h^2}\end{cases};\ T_0-T=kL-k\sqrt{L^2+h^2}$$

$$k=\frac{T-T_0}{\sqrt{L^2+h^2}-L};\ k=\frac{\frac{F}{2h}\sqrt{L^2+h^2}-T_0}{\sqrt{L^2+h^2}-L};\ k=\frac{\frac{1{,}015\,Н}{2\cdot4{,}2\,см}\sqrt{(15{,}5\,см)^2+(4{,}2\,см)^2}-1{,}4\,Н}{\sqrt{(15{,}5\,см)^2+(4{,}2\,см)^2}-15{,}5\,см}=0{,}96\,\frac{Н}{м}$$

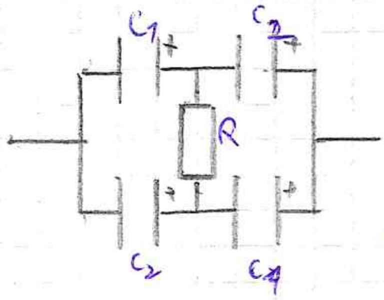
Ответ: $T_0=1{,}4$ Н; $k=0{,}96\ \frac{Н}{м}$

1. 2б 6. —
2. 1б 7. —
3. — 8. —
4. 2б 9. — / 7б
5. 2б

ФД11-13

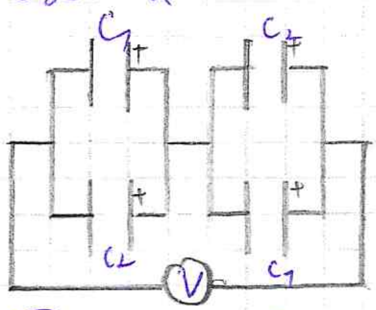


№2



Т.к. за время „тренировки" конденсаторы были заряжены, то находясь без напряжения долгое время, заряды конденсаторов изменятся. Т.к. после этого времени ток через R равен 0, то эквивалентной будет схема

I.



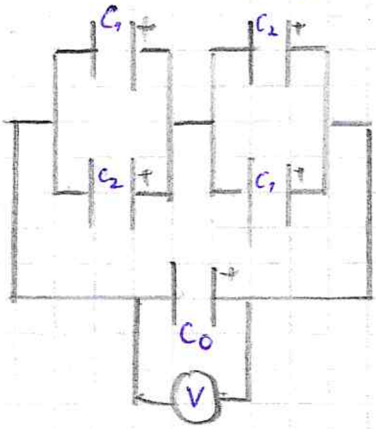
$C_I = \frac{1}{2} C_{12} = \frac{C_1+C_2}{2}$

$U_I = 4{,}4$ В.

$q = C_I U_I$

Подключив к „серому" ящику незаряженный конд. C_0, перераспределили заряды.

II.



$C_{II} = C_0 + C_I$; $U_{II} = 3$ В.

$U_{II} = \frac{q}{C_{II}} = \frac{C_I}{C_0+C_I} U_I$, отсюда

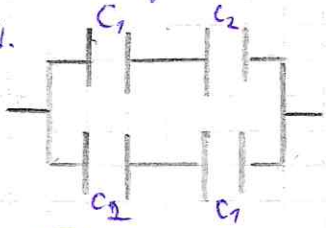
$U_{II} C_0 + U_{II} C_I = U_I C_I$

$C_I (U_I - U_{II}) = U_{II} C_0$; $C_I = C_0 \frac{U_{II}}{U_I - U_{II}}$

$C_I = 1 мФ \cdot \frac{3В}{4{,}4В - 3В} = 2{,}14$ мФ

Далее подключили „серый" ящик к батарейке $\varepsilon = 10$ В. Т.к. сопр. R велико (конд. заряжаются медленно), то схему можно счит. эквивалентной схеме

III.



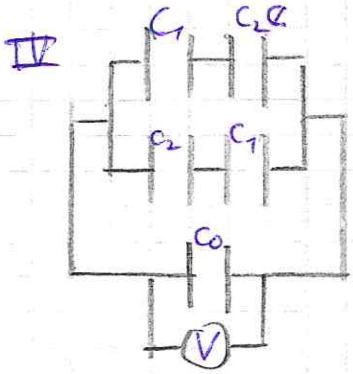
$C_{III} = 2C_{12} = 2\frac{C_1 C_2}{C_1+C_2}$

$U_{III} = 10$ В

$q = C_{III} U_{III}$

~~Подключили~~ Разр. конд. C_0 и снова подкл. к „серому" ящику

IV



$C_{IV} = C_{III} + C_0$; $U_{IV} = 6$ В

$U_{IV} = \frac{q}{C_{IV}} = U_{III}\frac{C_{III}}{C_{III}+C_0}$, откуда

$C_{III}U_{IV} + C_0 U_{IV} = U_{III}C_{III}$

$C_{III}(U_{III} - U_{IV}) = C_0 U_{IV}$

$C_{III} = C_0 \frac{U_{IV}}{U_{III}-U_{IV}}$; $C_{III} = 1 \text{ мФ} \cdot \frac{6\text{В}}{10\text{В}-6\text{В}} = 1{,}5 \text{ мФ}$

$$\begin{cases} \frac{C_1+C_2}{2} = 2{,}14 \text{ мФ} \\ 2\frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = 1{,}5 \text{ мФ} \end{cases}$$; $C_1C_2 = 2{,}14 \cdot 1{,}5 = 3{,}21$ мФ

$C_1 = 4{,}28 - C_2$; $(4{,}28 - C_2)C_2 = 3{,}21$

$-C_2^2 + 4{,}28C_2 - 3{,}21 = 0$

$C_2^2 - 4{,}28C_2 + 3{,}21 = 0$

$C_2 \approx 0{,}97$ или $C_2 \approx 3{,}3$

$C_1 \approx 3{,}3$ $\quad$ $C_1 \approx 0{,}97$

Т.к. схема симметрична, то решения 2, где C_1 и C_2 меняются местами.

Ответ: $C_1 \approx 3{,}3$ мФ; $C_2 \approx 0{,}97$ мФ

13б нет погрешности (п.4)
нет повтора измерений (п.11)