Региональный этап ВсОШ
по физике 2021

1 день

Шифр 1110

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О)						
Эксперт №2 (Ф.И.О) Плявинова М.Н.	12б	0б	7б	13б	32б	
Председатель (Ф.И.О) Гаврилов	12	0	7	13	32	

1110

Региональный этап ВсОШ по физике 2021

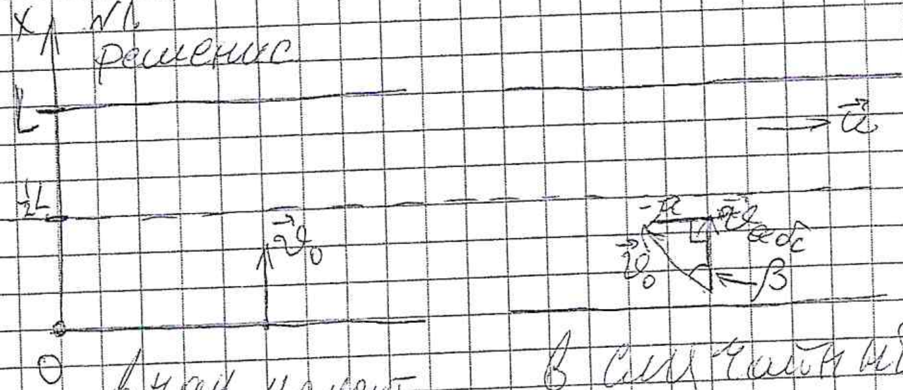
Пишите исключительно на лицевой стороне бланков, в специально отведенной (клетчатой) области

Дано

v_0, $U(x) = \alpha x$ от 0 до $\frac{v_0}{2}$

$\beta(t)$ — ?

№1 решение



в нач. момент времени $t = 0$ с

в случайный момент времени

по з-ну сложения скоростей $\vec{v}_{abc} = \vec{v}_0 + \vec{u}$

$\vec{v}_{abc}$ всегда ⊥ берегам по усл. из рис. $v_0 \cos\beta = v_{abc}$ (*)

+1

и $v_0 \sin\beta = u$

д/движ. поперёк берегов: $dx = v_{abc}\,dt$ (1)

+1

$du = \alpha dx \Rightarrow dx = \frac{du}{\alpha} \Rightarrow dx = \frac{v_0 \cos\beta\, d\beta}{\alpha}$ (2)

$du = v_0 \cos\beta\, d\beta$

+3

из (1) и (2) $v_0 \cos\beta\, d\beta = \alpha v_{abc}\, dt$, учитывая (*)

$v_0 \cos\beta\, d\beta = \alpha\, v_0 \cos\beta\, dt$

$d\beta = \alpha dt$

Проинтегрируем выражение от начала движения до ~~середин~~ момента, когда лодка окажется в середине реки. $\int_0^{\gamma} d\beta = \alpha \int_0^{\tau} dt \Rightarrow \gamma = \alpha\tau$.

При случайных углах $\int_0^{\beta} d\beta = \alpha \int_0^{t} dt \Rightarrow$ $\boxed{\beta(t) = \alpha t \quad t \le \tau}$ при движ. до серед. реки. +2

в силу симметрии задачи угол потом будет уменьш. $\Rightarrow \beta(t) = \gamma - \alpha(t - \tau)$ при $t > \tau$

+1 из усл. $\frac{v_0}{2} = \alpha \frac{L}{2} \Rightarrow v_0 = \alpha L \Rightarrow L = \frac{v_0}{\alpha}$ (3) $\boxed{\beta(t) = 2\alpha\tau - \alpha t}$

продолжение на след. листе

1110

$dx = v_{авс} dt = v_0 \cos\beta dt = v_0 \cos\alpha t\, dt$

проинтегрируем выраж-е за время движ-я от берега до серед. реки

$$\int_0^x dx = v_0 \int_0^\tau \cos\alpha t\, dt$$

$$\frac{1}{2}L = \frac{1}{\alpha} v_0 \sin\alpha t \Big|_0^\tau \Rightarrow L = \frac{2}{\alpha} v_0 \sin\alpha\tau, \text{ с уч. стом (3)}$$

$$\frac{1}{2}\frac{v_0}{\alpha} = \frac{2}{\alpha} v_0 \sin\alpha\tau \Rightarrow \sin\alpha\tau = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha\tau = (-1)^n\frac{\pi}{6} + \pi n, \; n\in \mathbb{Z}, \text{ где}$$

n – целое число

~~$T = \frac{1}{\alpha}\arcsin\frac{x}{2}$~~ время минимально $\Rightarrow \alpha\tau = \frac{\pi}{6}$ +1

$\tau = \frac{\pi}{6\alpha}$; $\boxed{T = 2\tau = \frac{\pi}{3\alpha}}$

Ответ: $\beta(t) = \alpha t$ при $t \le \tau$; ~~$T = \frac{1}{\alpha}\arcsin\frac{x}{2}$~~ $\beta(t) = 2\alpha\tau - \alpha t$, при $t \ge \tau$ и $t \le 2\tau$

$T = \frac{\pi}{3\alpha}$, $\tau = \frac{\pi}{6\alpha}$

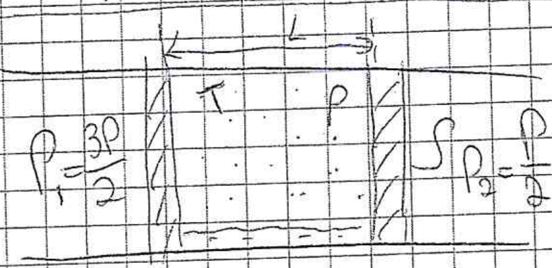
2.5

12

№2

Решение

Дано
$\varepsilon = 6\%$
$\rho = 0.72\ г/см^3$
$\rho_п = \varepsilon\rho$
$m = 288\ г$
$S = 50\ см^2$
M – ?
L – ?



$m = M + m_п$, где M – масса жидкости (воды), а $m_п$ – масса пара

Ур-е Менд.-Клап. д/газа м/у поршнями:

$PLS = \frac{m_п}{\mu_п} RT$, т.к. объемом, который занимает вода м/у поршнями можно пренебречь, а $\mu_п = 18\ г/моль$, $m_п = \varepsilon\rho LS$. т.к. м/у поршнями мы предполагаем наличие воды, то пар насыщен. т.к. система в космосе (в пространстве), то вода распределена равномерно между поршнями

1110

№3.

Дано: q, m; x, B_0; v_0 - ?; v - ?; L - ?; T - ?

Решение

При включении магн. поля возникает ненулевой магнитный поток ч/з магнит, а значит по з-ну Эл.-магн. индукции Фарадея возникает ЭДС индукции

$\mathcal{E}_i = \left|-\frac{d\Phi}{dt}\right| = \frac{d(BS)}{dt} = S\frac{dB}{dt}$. ~~[illegible]~~ +0.5

Изменение магн. пот. В тоже время возникает вихревое эл. поле и поТ. о циркуляции вектора напряж. эл. поля $\oint E_\ell(x)d\ell = \mathcal{E}_i$. На одном и том же расстоянии от оси магнита знач-е вектора $\vec{E}_\ell(x)$ одинаково $\Rightarrow E_\ell(x)\cdot 2\pi x = \pi x^2\frac{dB}{dt}$, т.е. +0.5

+2 $E_\ell(x) = \frac{x}{2}\frac{dB}{dt}$, ~~2П~~ По 2му з-ну Ньютона д/ частицы

$m\frac{dv}{dt} = qE_\ell(x) \Rightarrow m\frac{dv}{dt} = q\frac{x}{2}\frac{dB}{dt} \Rightarrow dv = \frac{qx}{2m}dB$

проинтегрируем это выраж-е за время включения поля $\Rightarrow \int_0^{v_0} dv = \frac{qx}{2m}\int_0^{B_0} dB \Rightarrow \boxed{v_0 = \frac{qxB_0}{2m}}$. С такой +2

скоростью будет двигаться частица после вкл. магн. поля. В момент выключения магн поля в силу симметрии задачи конечна скорость частицы v будет равна нулю $\boxed{v = 0\ м/с}$ +0.5 в случае траектории окружности

Частица начнет движение по эллипсу, т.к. на нее будет действовать центростремительная сила Лоренца. (продолж. на след листе)

1110.

Найдём период обращения частицы.

По 2-му 3-ну Ньютона $m\frac{v^2}{r} = q\cancel{v}B$

$$m\omega = qB$$

$$m\frac{2\pi}{T} = qB \Rightarrow \underline{T = 2\frac{\pi m}{qB}} \Rightarrow \tau < \frac{T}{2}.$$

+0.5

Из 3. 3-на Кеплера период обращения по окруж. равен периоду обращения при движ. по эллипсу. Заряд начинает движение из точки траектории, наиболее удалённой от оси магнита, поэтому в ходе своего движения он не достигнет теоретически возможной точки траектории наименее удалённой от оси магнита.

(тангенциальное ускорение)

Т.к. кроме силы Лоренца других сил нет $\Rightarrow a_\tau = const$ а значит $v = const = v_0 \cancel{...}$, а значит ближе чем на $x \Rightarrow l = x$, частица будет всё время на мин. расст. от оси магнита.

7

Ответ: $v_0 = \frac{q x B_0}{2m}$, $v = 0$ м/с, $l = x$, $\tau = 0$ с.

№2 (продолжение)

Т.к. сист. в равновесии, то на каждый из поршней действует нулевая равнодействующая $\Rightarrow$ давление на левый поршень с обеих сторон $\frac{3p}{2}$, на правый $\frac{p}{2}$. Но такое невозможно. Давление между поршнями $p \Rightarrow$ на каждый поршень по 2 З.Н.

$$ma = \frac{p}{2}S \Rightarrow a = \frac{pS}{2m}.$$

1110

№4

Дано

$U_x(r)$
$d = 1$ мкм
$b = 5$ мм
$l = 1$ см
$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
$B = 1$ Тл
$\mathcal{E}_0 = 10$ В

$U_x(I, n, ...)$ - ?
$R(\mu, n ...)$
n, μ, ρ - ?

Решение

Т.к. образец имеет сопр R, то по з-ну Ома д/полной цепи: $I = \dfrac{\mathcal{E}_0 - EL}{R+r}$ (1) $\Rightarrow E = \dfrac{-(R+r)I + \mathcal{E}_0}{L}$

Из-за эффекта Холла $vB = E_x$

$v = \mu E$ из усл. +1

$U_x = E_x b$

$R = \rho \dfrac{L}{S} \Rightarrow R = \dfrac{\rho L}{bd}$

$I = n(bd)ve$ (2) $\left(S = bd, \; I = \dfrac{dq}{dt} = \dfrac{d(Ne)}{dt} = \dfrac{nedV}{dt} = \dfrac{neSvdt}{dt} \right)$ +1

$U_x = vBb = \mu EBb = \dfrac{\mu Bb}{L}(\mathcal{E}_0 - I(R+r))$ (*) +1

~~$U_x = \dfrac{\mu Bb}{L}(\mathcal{E}_0 - nbdev(\dfrac{\rho L}{bd} + r))$~~

Из (1) и (2) $nbd\mu Ee = \dfrac{\mathcal{E}_0 - EL}{R+r}$

$E(L + nbd\mu e(r+R)) = \mathcal{E}_0$

$E = \dfrac{\mathcal{E}_0}{L + nbd\mu e(R+r)}$, продолжим преобраз (*)

~~$U_x = \dfrac{\mu Bb}{L}(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_0$~~ $U_x = \dfrac{\mu Bb\mathcal{E}_0}{L + nbd\mu e(R+r)}$ +0,5

$U_x^{-1} = \dfrac{L}{\mu Bb\mathcal{E}_0} + \dfrac{nbd\mu e\frac{\rho L}{bd}}{\mu Bb\mathcal{E}_0} + \dfrac{nbd\mu e}{\mu Bb\mathcal{E}_0} r$ (**)

$\dfrac{L + n\mu e\rho L}{\mu Bb\mathcal{E}_0} = C$, $\dfrac{nbd\mu e}{\mu Bb\mathcal{E}_0} = \dfrac{ned}{B\mathcal{E}_0} = K \Rightarrow U_x^{-1} = Kr + C$, +1

где K - это tg угла наклона граф, а C - т. пересеч-я с вертикальной осью. Далее всё в СИ:

продолж. на след. листе.

$K \approx 1{,}5 \cdot 10^{-4}$ В/Ом из граф.
$C \approx 0{,}4$ В из граф.
} из граф. видно, что $(\frac{5}{6}$В$)$ 2,5 кОм использовать не стоит

$\left(\frac{3}{2}\right) \frac{C}{L(1+n\mu e\rho)} = \frac{K}{nbd\mu e}$, ~~Разделим ур-е (**) и подставим~~ тогда ~~дуга~~ ~~неизвестные значения~~

~~$\frac{10}{21} = \frac{0{,}01}{5\cdot10^{-3}\mu} + \frac{1{,}6\cdot10^{-21}\rho n}{0{,}05} + \frac{3}{40} + 0{,}4 \approx \frac{1}{5\mu} + 0{,}32\rho n \cdot 10^{-19}$~~

~~$\frac{5}{9} = \frac{1}{5\mu} + \frac{1{,}6\cdot10^{-19}\rho n}{0{,}05} + \frac{3}{25}$~~

$K = 1{,}6\cdot10^{-26} n \Rightarrow \boxed{n \approx 9{,}4\cdot10^{21}\ (м^{-3})}$

Из ур-я $\left(\frac{3}{2}\right)$ $\frac{L}{C} + \frac{ne\mu\rho}{C} = \frac{nbde}{K}\mu \Rightarrow \frac{1}{40} + 3760\mu\rho = 0{,}05\mu$

$\mu(0{,}05 - 3760\rho) = \frac{1}{40} \Rightarrow \mu = \frac{1}{2 - 146800\rho}$

Тогда $C = \frac{0{,}2}{\mu} + 300{,}8\rho = 0{,}2(2 - 146800\rho) + 300{,}8\rho$

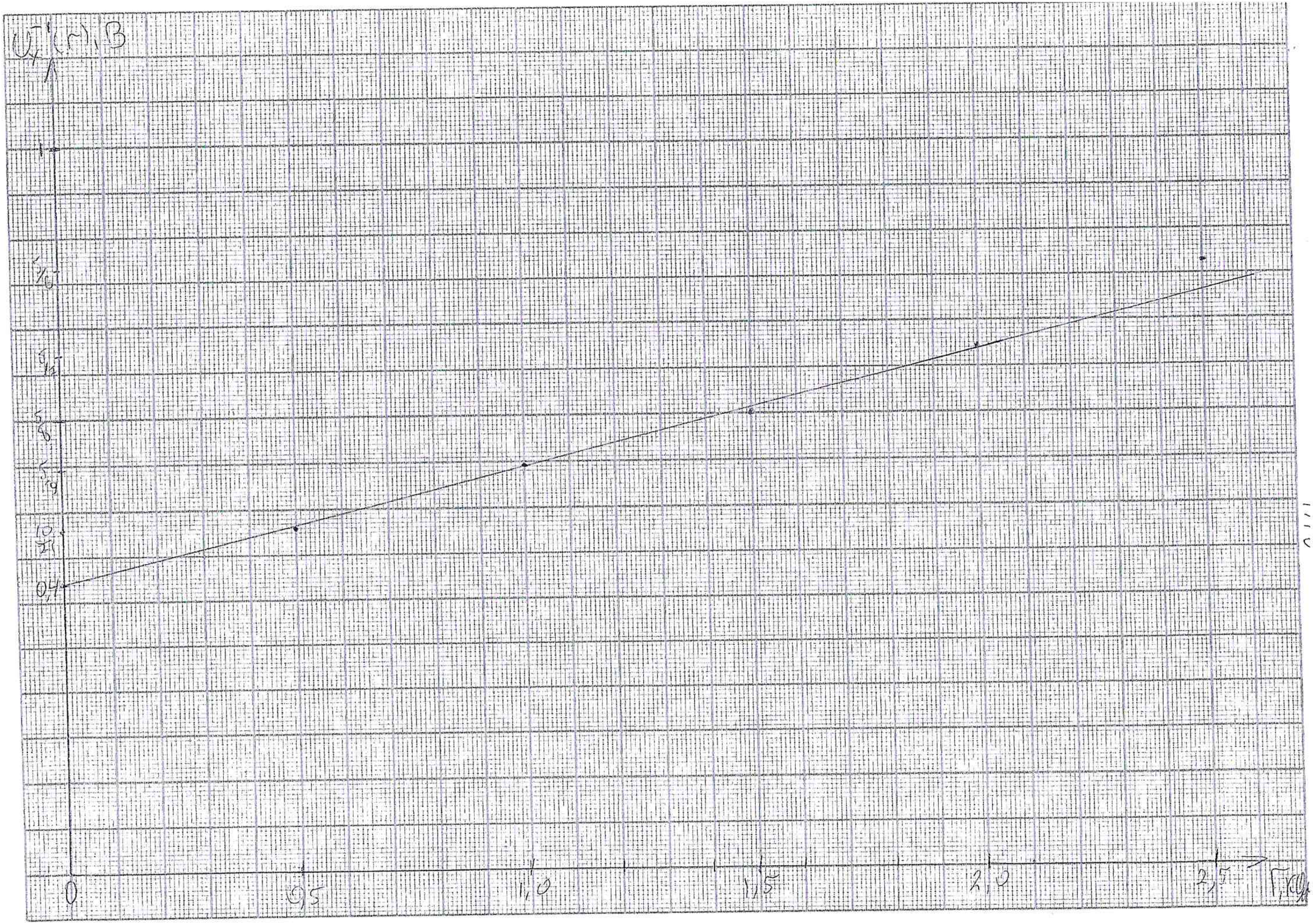
~~отк~~ $0{,}01 \approx 29059\rho \Rightarrow \rho \approx 3{,}4\cdot10^{-7}$ (Ом·м)

Тогда $\mu \approx 0{,}5 \left(\frac{м\cdot м}{с\cdot В}\right)$ +1

Ответ: $R = \rho\frac{L}{bd}$, $n \approx 9{,}4\cdot10^{21}\ м^{-3}$ +1; $\rho \approx 3{,}4\cdot10^{-7}$ Ом·м, $\mu \approx 0{,}5\ \frac{м^2}{В\cdot с}$

$\boxed{U_x^{-1}(r) = \frac{L(1+n\mu e\rho)}{\mu B b \varepsilon_0} + \frac{ned}{B\varepsilon_0} r}$

6.5



B
1
0,4
0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5

Региональный этап ВсОШ
по физике 2021

2 день

Шифр 1110

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) Шишкинова М.Н.	1б	3б	8б	8б	20б	
Эксперт №2 (Ф.И.О) Егоршин И.Н.	1	3	8	8	20	
Председатель (Ф.И.О) Гаврилин	1	3	8	8	20	

11|0

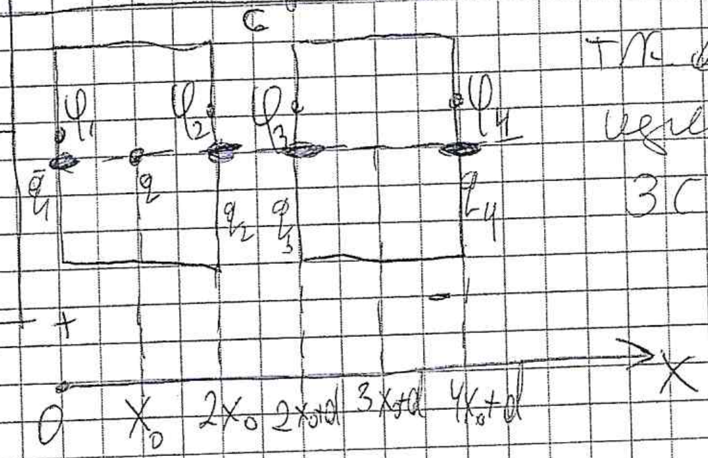
Дано

q, C, U

$W_x - ?$

$q^* - ?$

Решение №1



Т.к. оболочки проводящие, то $\varphi_1=\varphi_2$ и $\varphi_3=\varphi_4$

ЗСЗ: $q_1+q_2+q_3+q_4+q=0$

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

$$\varphi_1=\frac{kq}{x_0}+\frac{q_2}{2\varepsilon_0 S}2x_0+\frac{q_3}{2\varepsilon_0 S}(2x_0+d)+\frac{q_4}{2\varepsilon_0 S}(4x_0+d)$$

$$\varphi_2=\frac{kq}{x_0}+\frac{q_1}{2\varepsilon_0 S}2x_0+\frac{q_3}{2\varepsilon_0 S}d+\frac{q_4}{2\varepsilon_0 S}(2x_0+d)$$

$$\varphi_1=\varphi_2 \Rightarrow \frac{q_2}{\varepsilon_0 S}x_0+\frac{q_3}{\varepsilon_0 S}x_0+\frac{q_4}{\varepsilon_0 S}x_0=\frac{q_1}{\varepsilon_0 S}x_0$$

$$\cancel{q_1+q_2}\quad q_1=q_2+q_3+q_4 \Rightarrow 2q_1+q=0 \Rightarrow q_1=-\frac{q}{2}.$$

$$\varphi_3=\frac{q_1}{2\varepsilon_0 S}(2x_0+d)+\frac{kq}{x_0+d}+\frac{q_2}{2\varepsilon_0 S}d+\frac{q_4}{2\varepsilon_0 S}2x_0$$

$$\varphi_4=\frac{q_1}{2\varepsilon_0 S}(4x_0+d)+\frac{kq}{3x_0+d}+\frac{q_2}{2\varepsilon_0 S}(2x_0+d)+\frac{q_3}{2\varepsilon_0 S}2x_0$$

$$\varphi_3=\varphi_4 \Rightarrow \frac{q_1}{\varepsilon_0 S}x_0+\frac{kq}{3x_0+d}+\frac{q_2}{\varepsilon_0 S}x_0+\frac{q_3}{\varepsilon_0 S}x_0=\frac{kq}{x_0+d}+\frac{q_4}{\varepsilon_0 S}x_0$$

$$\frac{2q_1}{\varepsilon_0 S}x_0+kq\left(\frac{1}{3x_0+d}-\frac{1}{x_0+d}\right)=\frac{2q_4}{\varepsilon_0 S}x_0$$

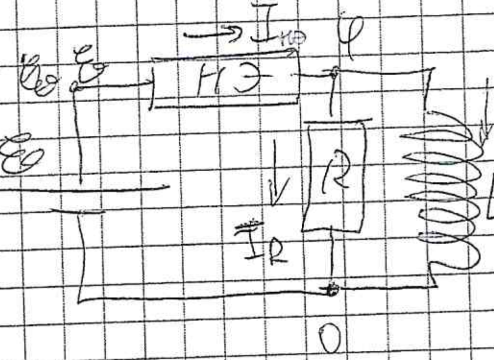
$$-\frac{q}{\varepsilon_0 S}x_0+kq\frac{-2x_0}{(3x_0+d)(x_0+d)}=\frac{2q_4}{\varepsilon_0 S}x_0 \quad \Big| : \frac{x_0}{\varepsilon_0 S}$$

(продолж. на листе 3)

111⁰

№2

Дано	Решение
$\mathcal{E}_0 = 20$ В	
$L = 20$ мГн	
$R = 5\,\Omega$	
$I_0 = 3$ А	
$I(U)$	
$Q - ?$	



в уст. реж. $\varphi = 0$ В, т.к. в конечном счете ток ч/з катушку постоянен. ч/з НЭ ток бесконечно возрастать не может из ВАХ НЭ, а значит когда-то установится. $\varphi - 0 = I_R R = 0 \Rightarrow$ $\Rightarrow I_R = 0 \Rightarrow I_{нэ} = I_L$. т.к. ток ч/з катушку не увеличивается, то напряжение на ней равно нулю $\Rightarrow U_{нэ} = \mathcal{E}_0 = 20$ В $\Rightarrow I_{нэ} = I_0 = 5$ А (т.к. $I_0 R = 15$ В < 20 В)

в случайный момент времени из-за $U_{наг}$ посл. резистора и катушки $I_R R = L\frac{dI_L}{dt} \Rightarrow dq_R R = L dI_L$ 1б

проинтегрируем выражение от нач. момента до уст. реж.: $R\int_0^{q_R} dq_R = L\int_0^{I_0} dI_L \Rightarrow q_R = \frac{LI_0}{R}$ — заряд прошедший ч/з резистор по з-ну Джоуля-Ленца. 1б

$dQ = I_R^2 R\,dt = dq_R I_R R = dq_R L\frac{dI_L}{dt} = dq_R(\mathcal{E}_0 - U_{нэ}) = \mathcal{E}_0 dq_R - U_{нэ} dq_R$

$Q = \int_0^Q dQ$ $Q = Q_1 + Q_2$

из ВАХ НЭ $R_{нэ} = \text{const} = R = \text{const}$ до $U_{нэ} = 15$ В

~~$I_R R(U_{нэ} \ldots)$~~ в момент $U_{нэ} = 15$ В $-$ U_1

$I_R R = \mathcal{E}_0 - U_{нэ} \Rightarrow I_R = 1$ А $\Rightarrow I_L = I_0 - I_R = 2$ А.

(продолж. на листе 7)

1110

№1 (продолжение)

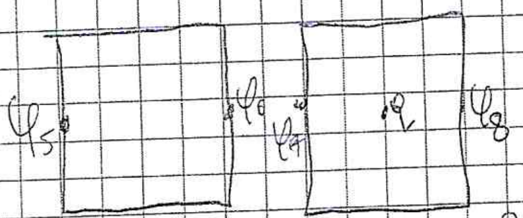
$$\varphi_1-\varphi_4=U=\varphi_2-\varphi_3$$

$$\begin{cases}\frac{kq}{x_0}+\frac{Q_2x_0}{\varepsilon_0S}+\frac{Q_3}{2\varepsilon_0S}(2x_0+d)+\frac{Q_4}{2\varepsilon_0S}(4x_0+d)-\frac{Q_4}{2\varepsilon_0S}(4x_0+d)-\frac{Q_2}{2\varepsilon_0S}(2x_0+d)-\frac{Q_3x_0}{\varepsilon_0S}-\\ -\frac{kq}{3x_0+d}=U\\ \frac{kq}{x_0}+\frac{Q_1x_0}{\varepsilon_0S}+\frac{Q_3d}{2\varepsilon_0S}+\frac{Q_4(2x_0+d)}{2\varepsilon_0S}-\frac{Q_1}{2\varepsilon_0S}(2x_0+d)-\frac{kq}{x_0+d}-\frac{Q_2d}{2\varepsilon_0S}-\frac{Q_4x_0}{\varepsilon_0S}=U\end{cases}$$

$$\begin{cases}kq\left(\frac{1}{x_0}-\frac{1}{3x_0+d}\right)+\frac{(Q_2-Q_3)x_0}{\varepsilon_0S}+\frac{(Q_3-Q_1)(2x_0+d)}{2\varepsilon_0S}-\frac{Q_1(4x_0+d)}{2\varepsilon_0S}=U;\\ kq\left(\frac{1}{x_0}-\frac{1}{x_0+d}\right)+\frac{2(Q_1-Q_4)x_0}{2\varepsilon_0S}+\frac{(Q_3-Q_2)d}{2\varepsilon_0S}-\frac{(Q_1-Q_4)(2x_0+d)}{2\varepsilon_0S}=U\end{cases}$$

$$\frac{kqd}{x_0(x_0+d)}+\frac{(Q_1-Q_4)d}{2\varepsilon_0S}(-1)+\frac{(Q_3-Q_2)d}{2\varepsilon_0S}=U\ \Big|\cdot\frac{\varepsilon_0S}{d}$$

$$\frac{\varepsilon_0Skq}{x_0(x_0+d)}+\frac{(Q_3-Q_2)-(Q_1-Q_4)}{2}=CU\Rightarrow\frac{Cdkq}{x_0(x_0+d)}+\frac{Q_4+Q_3-Q_1-Q_2}{2}=CU$$



$$\varphi_5=\varphi_6$$

$$\varphi_7=\varphi_8$$

ЗСЭ: $W_{n_0}=\frac{mv^2}{2}+W_{n_1}$; $W_k=\frac{mv^2}{2}$; $W_k=W'_{n_0}-W'_{n_1}=0$

$W'_{n_0}=W'_{n_1}$. $W_{n_0}=\frac{CU^2}{2}+W_{B3}$

15

1110

№4

Дано:
$m_{N} = 69$ г
$c(T)$
$T_к = 77$ K
$M = 250$ г
$T_п = 300$ K
$\lambda - ?$

Решение

Исходя из таблицы в некоторый момент времени от 5:23 до 5:52 в контейнер был погружён алюминиевый цилиндр.

① До помещения цил. в контейнер

$t \sim M^{p} \Rightarrow \frac{92}{49} = \left(\frac{242}{246}\right)^{p} \Rightarrow p \approx -38,4$

$\frac{125}{92} = \left(\frac{238}{242}\right)^{p} \Rightarrow p \approx -18,4$

$\frac{161}{125} = \left(\frac{234}{238}\right)^{p} \Rightarrow p \approx -14,9$; $\frac{202}{161} = \left(\frac{230}{238}\right)^{p} \Rightarrow p \approx -6,6$

$\frac{290}{246} = \left(\frac{222}{226}\right)^{p} \Rightarrow p \approx -0,1$

теплопотери по з-ну Фурье

$\delta Q = \lambda dm_{N_2}$; $\delta Q \sim \Delta T dt$, $\Delta T = T_к - T_п$;
$\delta Q = \alpha \Delta T dt$

$\alpha (T_к - T_п) dt = \lambda dm_{N_2}$; проинтегрировав, получим $\frac{\alpha (T_к - T_п) \tau}{\Delta m} = \lambda$

τ - время до помещ. цил. в контейнер, а $\Delta m = -32$ (г)

② После помещения цил. в контейнер

$\cancel{cm_{Al} dT = \lambda dm_{N_2}}$ $cm_{Al} dT + \alpha \Delta T dt = \lambda dm_{N_2}$

За 29 с $\Delta m_{N_2} = -13$ г ; за 23 с $\Delta m_{N_2} = -10$ г ; за 24 с $\Delta m_{N_2} = -10$ г
За 15 с $\Delta m_{N_2} = -13$ г ;
За 31 с $\Delta m_{N_2} = 8$ г $\Rightarrow$ В момент времени $\approx$ 6 мин 54 с
температура алюминиевого цилиндра $T_1 = 210$ K $\Rightarrow c(T) = 800 \frac{Дж}{кг \cdot K}$

Тогда $\int_{T_п}^{T_1} c(T)\, dT \approx -76500 \frac{Дж}{кг}$ (из площади под графиком, данным в условии),

т.к. начальная температура цилиндра равна температуре помещения
(продолж. на след. листе)

№4 (продолжение)

Тогда $\int_{T_n}^{T_{пл}} c(T)\, m\, dT = 5278,5$ Дж $= Q_1$

К этому моменту прошло время τ 91 с ~~(...)~~

Тогда $\int_{\tau}^{\tau+\Delta t} \alpha (T_k - T_n)\, dt = \alpha (T_k - T_n)\Delta t$, где $\Delta t = 91$ с

$\int_{M-\Delta m}^{M-\Delta m-\Delta m_2} \lambda\, dm_{н2} = \lambda \Delta m_2$, где $\Delta m_2 = -43$ г

$$\begin{cases} -Q_1 + \lambda|\Delta m_2| = \alpha(T_k - T_n)\Delta t \\ \alpha(T_k - T_n) = \dfrac{|\Delta m|\lambda}{\tau} \end{cases}$$

$$\lambda|\Delta m_2| - Q_1 = \lambda|\Delta m|\frac{\Delta t}{\tau}$$

$$\lambda\left(|\Delta m_2| + |\Delta m|\frac{\Delta t}{\tau}\right) = Q_1$$

$$\lambda = \frac{Q_1}{|\Delta m_2| + |\Delta m|\frac{\Delta t}{\tau}}; \ \lambda \approx 120 \ \frac{Дж}{кг}$$

Ответ: $\lambda \approx 120$ Дж/кг

№3

Дано	Решение
$n = 2$	① Источник в центре куба
$\eta = 2$	

$\beta = 45°$; угол полного внутр. отражения $\gamma = \arcsin\frac{1}{n} = 30°$

из з-на Снеллиуса ($n\sin\gamma = 1\cdot\sin 90°$)

$\beta > \gamma$; $x\cos\gamma = \frac{a}{2}$; $x = \frac{a}{\sqrt{3}}$.

$x\sin\gamma = \frac{xa}{2\sqrt{3}}$, ~~...~~ ; где a – сторона куба

(продолж. на след. листе)

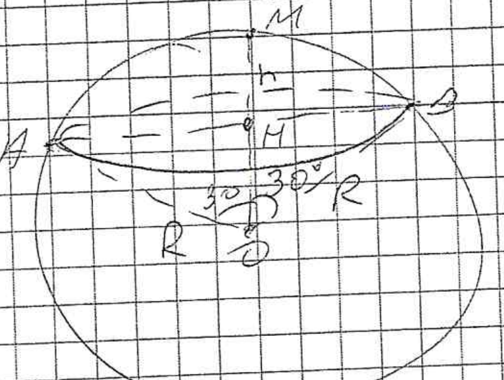
1б

№3 (продолжение)

Здесь свет выходит из площади ~~$8\frac{a}{\sqrt{3}}$~~ ~~$\frac{6a}{\sqrt{3}}$~~

~~$\frac{6a^2}{\sqrt{3}}$~~ $S = 6\pi\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 = 6\frac{3\pi a^2}{4} = \frac{9\pi a^2}{2}$

Тогда площадь сферы, из которой выходит свет это ~~...~~ $S_1 = 6\cdot 2\pi Rh$



$\triangle OAB$ – правильный

$OH = R\frac{\sqrt{3}}{2}$; $h = R\frac{2-\sqrt{3}}{2} = MH$

$R = x = \frac{a}{\sqrt{3}}$

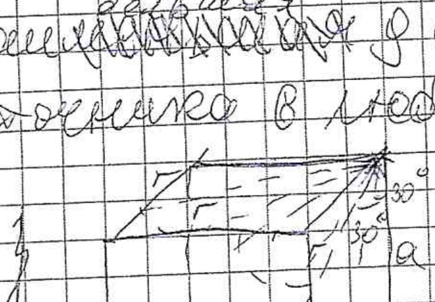
$S_1 = 12\pi R^2\frac{2-\sqrt{3}}{2} = 6\pi\frac{a^2}{3}\frac{2-\sqrt{3}}{1}$

$S_1 = 2\pi(2-\sqrt{3})a^2$

не ~~...~~ мешал куб выходить свету, то он вылетал бы из сферу, площадью $S_2 = 4\pi R^2$

$R = x \Rightarrow 4\pi\frac{a^2}{3} = \frac{4\pi a^2}{3}$. Энергия $W \sim S$

$\eta = \frac{S_1}{S_2} = \frac{2(2-\sqrt{3})}{4/3} \approx 0{,}4$. Это будет наименьшая ~~наибольшая~~ доля вышедшей энергии, что понятно из геометрии задачи. Из неё же понятно, что наибольшая ~~наименьшая~~ доля будет при положении источника в любом из углов куба, т.к. касающиеся его грани свет ~~...~~ выходит, образуя $\frac{3}{4}$ от сферы



$\operatorname{tg}30^\circ = \frac{r}{a} \Rightarrow r = \frac{a}{2\sqrt{3}}$.

(продолж. на след. листе)

111 D

Региональный этап ВсОШ по физике 2021

Пишите исключительно на лицевой стороне бланков, в специально отведенной (клетчатой) области

№3 (продолжение)

Тогда искомая площадь выхода $S_{12} = \frac{3}{4} \cdot 4\pi R_2^2 + 3 \cdot \frac{1}{4} 2\pi R_2 h$

$\frac{R_2}{4}$, где $R_2 = \frac{2a}{\sqrt{3}}$ $\left(R_2 = \sqrt{a^2 + r^2}\right)$, $h = -R_2 \frac{\sqrt{3}}{2} + R = R - a = \frac{2-\sqrt{3}}{\sqrt{3}} a$

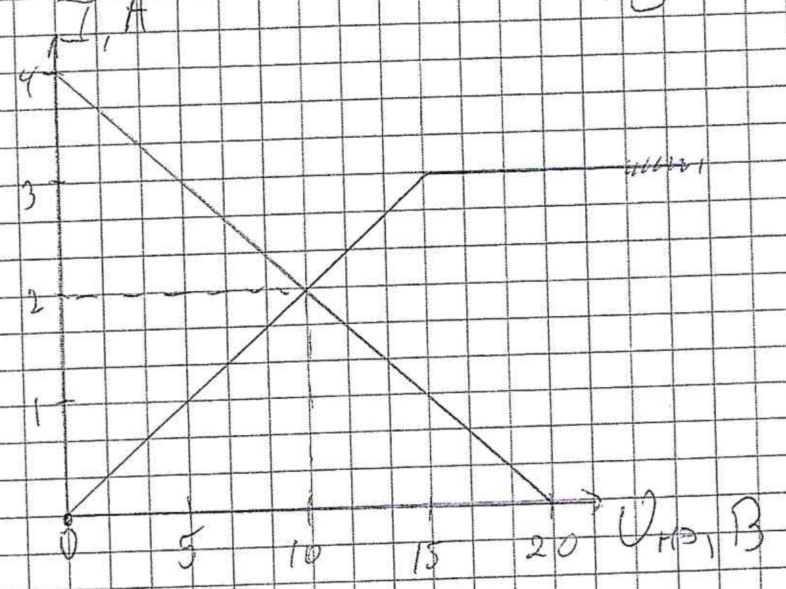
$S_{12} = 3\pi \frac{4a^2}{3} + \frac{3\pi}{2} \frac{2a}{\sqrt{3}} \frac{2-\sqrt{3}}{\sqrt{3}} a$; $S_{12} = 4\pi a^2 + \pi a^2 (2 - \sqrt{3})$

$S_{12} = \pi a^2 (6 - \sqrt{3})$. $W \sim S$

$\eta_2 = \frac{S_{12}}{S_{22}} = \frac{S_1}{4\pi R_2^2} = \frac{\pi a^2 (6 - 2\sqrt{3})}{4\pi \frac{4a^2}{3}} = \frac{6-\sqrt{3}}{16/3} \approx 0{,}8$

Ответ: $\eta_{max} = 0{,}8$; $\eta_{min} = 0{,}4$

№2 (продолжение)



$I_R(U_{нэ}) = \frac{\mathcal{E}_0 - U_{нэ}}{R}$

$I_R(0) = \frac{\mathcal{E}_0}{R} = 4 A$

$I_R(\mathcal{E}_0) = 0 A$.

Из графика слева видно, что ток через резистор в начальный момент времени равен 2А и линейно убывает с уменьшением напряжения на нем до 0 В $I_{0R} = 4 A$

$I_R = I_{0R} - \frac{\mathcal{E}_0 / R}{\mathcal{E}_0} U_{нэ} = I_{0R} - \frac{U_{нэ}}{R}$; $I_{нэ} = \frac{U_{нэ}}{R}$ (до $U_{нэ} = 15 В$)

$$\left\{\begin{array}{l} I_{нэ} = I_{0R} - I_R \\ I_{нэ} = I_L + I_R \end{array}\right. \Rightarrow 2 I_{нэ} = I_{0R} + I_L;\ dI_L = 2 dI_{нэ}$$

1110

Региональный этап ВсОШ по физике 2021
Пишите исключительно на лицевой стороне бланков, в специально отведенной (клетчатой) области

№2 (продолжение)

$\frac{L dI_L}{dt} = I_R R$; $\frac{L \cdot 2 dU_{нэ}}{R dt} = I_R R$; $2L \frac{dU_{нэ}}{dt} = \frac{dq_R}{dt} R^2$

$2L dU_{нэ} = R^2 dq$, Проинтегрируем выраж-е ~~от 0 до 15 В~~.

~~$U_1 = 15 В$,~~ $2L U_{нэ} = R^2 q_R \Rightarrow U_{нэ}(q_R) = \frac{R^2}{2L} q_R$

при $U_{нэ} \leq 15 В$.

При $U_{нэ} = 15 В = U_1$; $q_{1R} = \frac{L I_{1L}}{R}$, $I_{1L} = 2 A$

Тепло выделившееся при $R_{нэ} = R = const$

$Q_1 = \mathcal{E}_0 \int_0^{q_{1R}} dq_R - \frac{R^2}{2L} \int_0^{q_{1R}} q_R dq_R = \mathcal{E}_0 q_{1R} - \frac{R^2}{2L} \frac{q_{1R}^2}{2}$

$Q_1 = \mathcal{E}_0 \frac{L I_{1L}}{R} - \frac{R^2}{4L} \frac{L^2 I_{1L}^2}{R^2} = -\frac{L I_{1L}^2}{4} + \frac{\mathcal{E}_0 L I_{1L}}{R} = 0{,}14 Дж$

Затем сопротивление на НЭ растет ($U_{нэ} > 15 В$)

$\mathcal{E}_0 = U_{нэ} + I_R R$, $U_{нэ} = I_{нэ} R_{нэ}$

$R_{нэ} = \frac{\mathcal{E}_0 - I_R R}{I_0}$; $R_{нэ}(I_R)$ линейна.

Возьмем среднее знач-е: $\langle R_{нэ} \rangle = \frac{\frac{\mathcal{E}_0}{I_0} + R}{2} = \frac{35}{6} Ω$

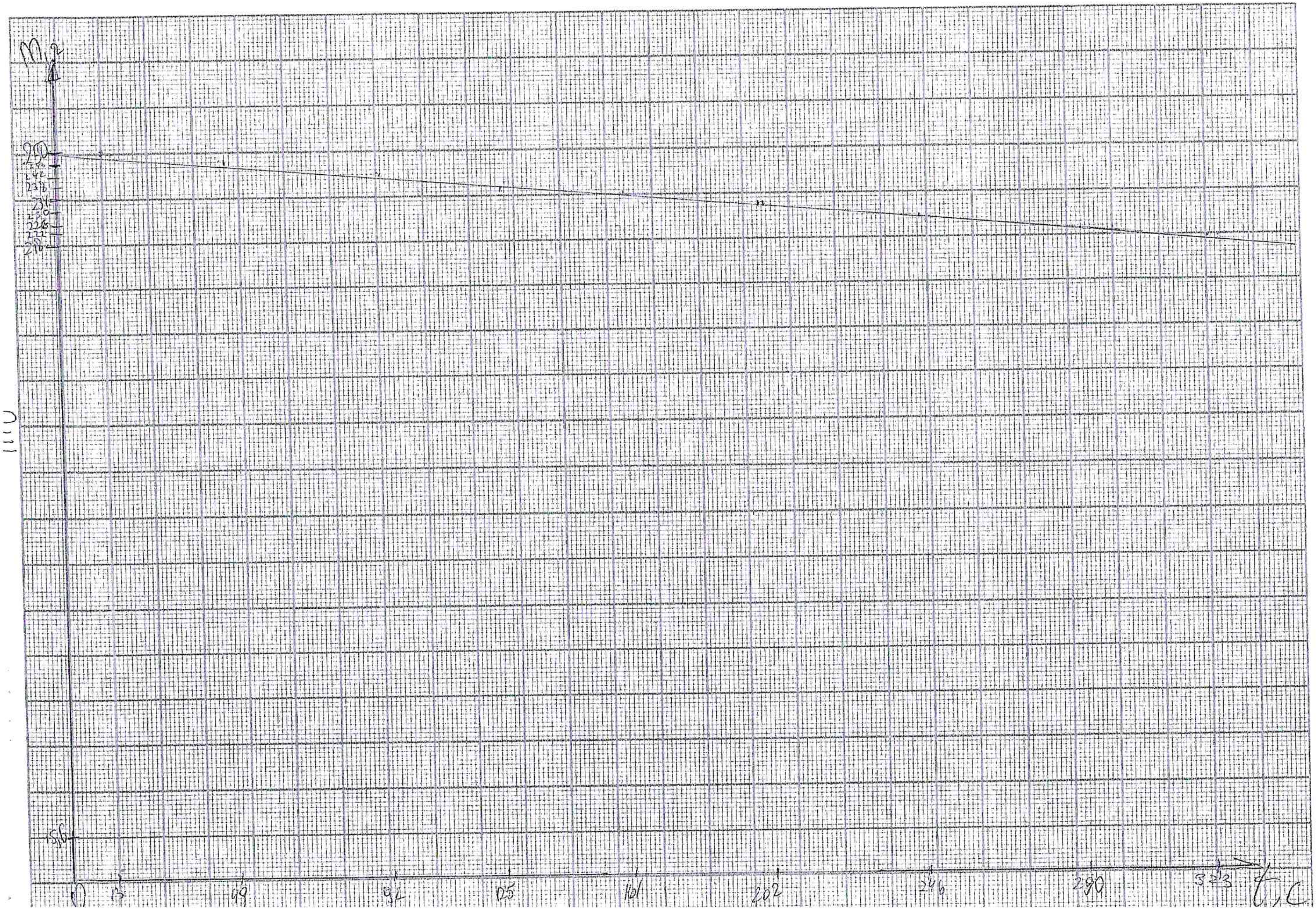
За время ~~нагр~~ напряжения на НЭ от 15 В до 20 В.

Тогда $Q_2 = \mathcal{E} \int_{q_{1R}}^{q_{2R}} dq_R - \frac{R^2}{12L} \int_{q_{1R}}^{q_{2R}} q_R dq_R = \mathcal{E} \frac{L}{R}(I_0 - I_{1L}) - \frac{35}{24 \cdot 5}(I_0^2 - I_{1L}^2)$

т.к. $I_R = I_{0R} - \frac{\mathcal{E}_0 / R_{нэ}}{\mathcal{E}_0} U_{нэ} \Rightarrow I_R = I_{0R} - \frac{U_{нэ}}{R_{нэ}}$; $U_{нэ}(q_R) = \frac{R R_{нэ}}{2L} q_R$

$Q_2 \approx 0{,}05 Дж$, $Q = Q_1 + Q_2 \approx 0{,}145 Дж$

Ответ: $Q = 145$ мДж



m, g
250
246
242
238
234
230
226
222
218
156
0
13
49
92
135
161
202
246
290
323
t, c