020856

Шифр

ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа

1.	Предмет	Физика
2.	Вариант	
3.	Класс	11
4.	Фамилия	ИВЕНСЕН
	Имя	МИХАИЛ
	Отчество	МИХАЙЛОВИЧ
5.	Дата рождения	11 (Число) 05 (Месяц) 2002 (Год)
6.	Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)*	Красноярский край
7.	Вид муниципального образования *(пр: село, город, пгт, деревня)*	город
8.	Населенный пункт *(пр: Томск, Кемерово, Асино)*	Красноярск
9.	Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь	МАОУ Лицей №7

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e–mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись ____________

Шифр 020856

Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
75б.	20.03.2020	Червинская Анна Сергеевна	[подпись]

№1

$R = 0{,}1$ м

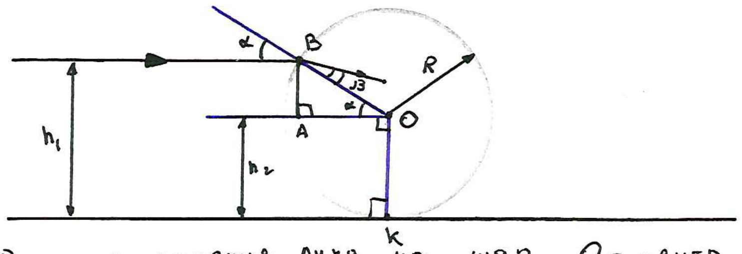
$h_1 = 0{,}14$ м

$n = 1{,}5$

β - ?

1) Пусть α - угол падения, а β - угол преломления. Тогда:
$\sin\alpha \cdot n_B = \sin\beta \cdot n$, где n_B - показатель преломления воздуха, т.е. $n_B = 1$

2) Найдём $\sin\alpha$:



1) Пусть точка B - точка падения луча на шар, O - центр шара, а точка A выбрана так, чтобы $OA \perp BA$, где OA - горизонтальна.

2) Т.к. $AB \perp AO$ и $OK \perp AO$, то $OK + AB = h_1$, т.е. $h_1 = h_2 + AB$

3) $OK = h_2 = R \Rightarrow AB = h_1 - R$

4) $OB = R$, тогда: $\sin\alpha = \frac{AB}{OB} = \frac{h_1 - R}{R}$

5) $\sin\beta = \sin\alpha \cdot \frac{1}{n} = \frac{h_1 - R}{n \cdot R} = \frac{0{,}14\text{м} - 0{,}1\text{м}}{0{,}1\text{м} \cdot 1{,}5} = \frac{0{,}04 \cdot 2}{0{,}1 \cdot 3} = \frac{8}{30} = \frac{4}{15}$

6) $\beta = \arcsin\left(\frac{4}{15}\right) = 15{,}47^\circ$

$\boxed{\text{Ответ: } 15{,}47^\circ}$ ✓ 10б.

№2

$m = 10$ кг

$S = 20\text{ см}^2$

$V_0 = 2$ л

$P_0 = 10$ кПа

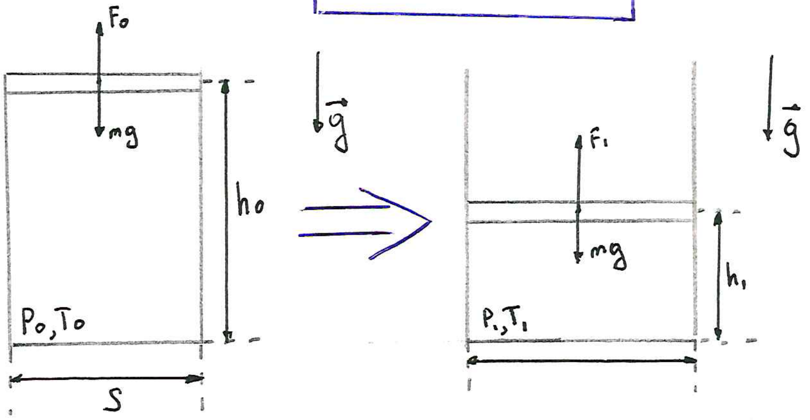
$T_0 = 300$ К

$P_{атм} = 0$

Найти

V_1 - ?

T_1 - ?



1) Найти ускорение в начальный момент не сложно:

$a_0 = g - \frac{F_0}{m} = g - \frac{P_0 S}{m} = 10\frac{м}{с^2} - 2\frac{м}{с^2} = 8\frac{м}{с^2}$ ✓

2) Тогда в искомой ситуации $a_1 = -4\frac{м}{с^2}$, если за положительный знак примем сонаправленность с g. Т.е. $ma_1 = F_1 - mg \Rightarrow \frac{P_1 S}{m} - g = a_1$

$P_1 = \frac{a_1 + g}{S} \cdot m = \frac{14\frac{м}{с^2} \cdot 10\text{ кг}}{20 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2} = 70$ кПа

Шифр 020856

№2 (Продолжение)

3) Заметим, что уменьшение потенциальной энергии поршня, вызывает увеличение внутренней энергии газа:

$$mg(h_0-h_1)=\frac{5}{2}\nu R(T_1-T_0)=\frac{5}{2}(P_1V_1-P_0V_0)=\frac{5}{2}S(P_1h_1-P_0h_0)$$

$$mgh_0+\frac{5}{2}SP_0h_0=\frac{5}{2}P_1Sh_1+mgh_1$$

$$h_1=h_0\left(\frac{mg+\frac{5}{2}SP_0}{mg+\frac{5}{2}SP_1}\right)\Rightarrow V_1=V_0\left(\frac{mg+\frac{5}{2}SP_0}{mg+\frac{5}{2}SP_1}\right)=2л\,\frac{100н+50н}{100н+350н}=\frac{2л}{3}$$

4) $$\begin{cases}T_1=\frac{P_1V_1}{\nu R}\\ T_0=\frac{P_0V_0}{\nu R}\end{cases}\quad \frac{T_1}{T_0}=\frac{P_1V_1}{P_0V_0}\Rightarrow T_1=T_0\frac{P_1V_1}{P_0V_0}=300K\cdot\frac{70кПа\cdot\frac{2}{3}л}{10кПа\cdot2л}=700K$$

9б.

$\boxed{\text{Ответ: } V=\frac{2}{3}\text{ литра};\ T=700K}$

№3

m, V, M

k - ?

1) Запишем З.С.Э и З.С.И.:

$$\left.\begin{aligned}\frac{mV^2}{2}&=\frac{(m+M)V_1^2}{2}+Q\\ mV&=(m+M)V_1\end{aligned}\right\}\ Q=\frac{mV^2}{2}\left(1-\frac{m}{m+M}\right)$$

2) Заметим, что Q - тепло, идущее на разогрев системы, т.е. $Q=c(m+M)\Delta T$, где c - теплоёмкость вещества из которого состоят пуля и шар.

3) Пусть $M=km$, тогда:

$$cm\Delta T(1+k)=\frac{mV^2}{2}\left(1-\frac{1}{1+k}\right)\Rightarrow \Delta T=\frac{V^2}{2c}\frac{k}{(1+k)^2}$$

4) Найдём максимум функции $\Delta T(k)$: $(\Delta T)'=\frac{V^2}{2c}\left(\frac{k^2+2k+1-2k^2-2k}{(1+k)^4}\right)=0$

т.к. $k>0$, то $(1+k)^4>0$, т.е. на знаменатель можно сократить:

$-k^2+1=0\Rightarrow k=\pm1$, но как уже было сказано $k>0\Rightarrow k=1$

$\frac{m}{M}=1$ 15б.

$\boxed{\text{Ответ: } 1 к 1}$

№5

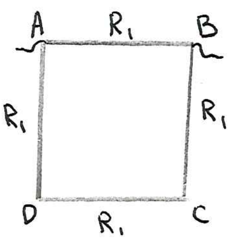
$R_{AB}=R_{A_1B_1}$

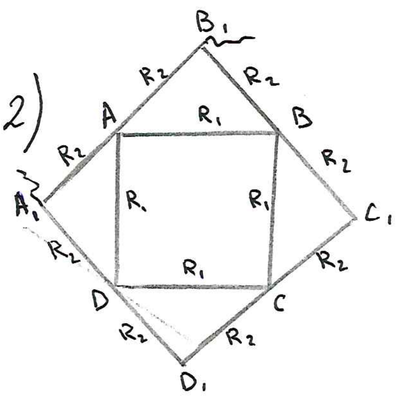
ABCD - квадрат

$A_1B_1C_1D_1$ - квадрат

$\rho_1=\rho_2$

$\frac{S_1}{S_2}$ - ?

1) 

2) 

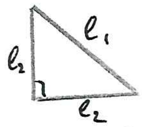
для
бы

Шифр 020856

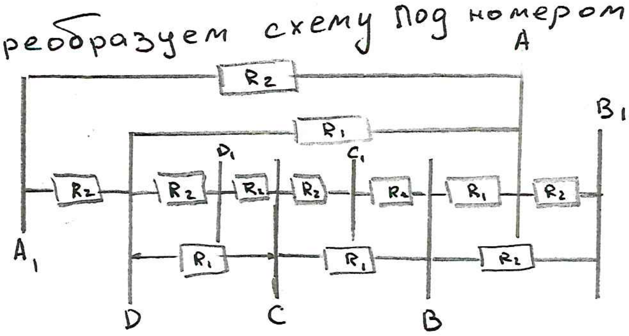
№5 (Продолжение)

1) $R_{AB} = \dfrac{R_1 \cdot (R_1 + R_1 + R_1)}{4R_1} = \dfrac{3}{4} R_1$ ✓

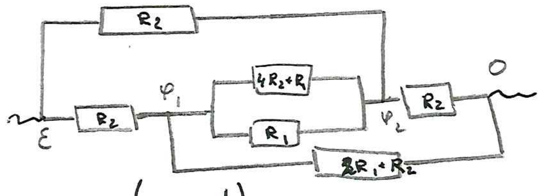
2) $R_1 = \dfrac{\rho_1 l_1}{S_1}$

3) $R_2 = \dfrac{\rho_2 l_2}{S_2}$, заметим, что:  $\Rightarrow l_1 = \sqrt{2} \cdot l_2$

4) Преобразуем схему под номером 2:



$\Rightarrow$



(рис. 1)

5) $\dfrac{R_1}{R_2} = \dfrac{l_1 S_2}{l_2 S_1} = \dfrac{\sqrt{2}\, S_2}{S_1} = \dfrac{\sqrt{2}}{k}$, где k - искомое соотношение.

$R_1 = \dfrac{\sqrt{2} R_2}{k}$

6) Определим сопротивление эквивалентной схемы (рис. 1):

$$\begin{cases} \dfrac{\mathcal{E} - \varphi_1}{R_2} = \dfrac{(\varphi_1 - \varphi_2)(4R_2 + 2R_1)}{(4R_2 + R_1) R_1} + \dfrac{\varphi_1 - 0}{3R_1} \\ \dfrac{\mathcal{E} - \varphi_2}{R_2} + \dfrac{(\varphi_1 - \varphi_2)(4R_2 + 2R_1)}{(4R_2 + R_1) R_1} = \dfrac{\varphi_2 - 0}{R_2} \end{cases}$$

$$\dfrac{2\mathcal{E} - \varphi_1 - \varphi_2}{R_2} = \dfrac{\varphi_1}{3R_1} + \dfrac{\varphi_2}{R_2}$$

$$2\mathcal{E} - \varphi_1 - \varphi_2 = \dfrac{k\varphi_1}{\sqrt{2} \cdot 3} + \varphi_2$$

$$2\mathcal{E} - 2\varphi_2 = \varphi_1 \left(1 + \dfrac{k}{3\sqrt{2}}\right)$$

$$\dfrac{\left(\mathcal{E} - 2\dfrac{\mathcal{E} - \varphi_2}{\left(1 + \frac{k}{3\sqrt{2}}\right)}\right)}{R_2} = \dfrac{\left(2\dfrac{\mathcal{E} - \varphi_2}{1 + \frac{k}{3\sqrt{2}}} - \varphi_2\right)\left(4R_2 + \dfrac{2\sqrt{2} R_2}{k}\right)}{\left(4R_2 + \frac{\sqrt{2}}{k} R_2\right) \frac{\sqrt{2}}{k} R_2} + \dfrac{2\dfrac{\mathcal{E} - \varphi_2}{1 + \frac{k}{3\sqrt{2}}}}{3\sqrt{2} R_2}$$

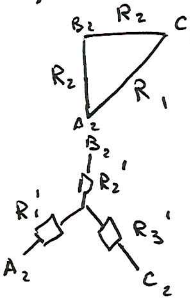
$$\dfrac{\mathcal{E} + \frac{k\mathcal{E}}{3\sqrt{2}} - 2\mathcal{E} + 2\varphi_2}{1 + \frac{k}{3\sqrt{2}}} = \dfrac{\left(2\mathcal{E} - 2\varphi_2 - \varphi_2 - \frac{k\varphi_2}{3\sqrt{2}}\right)\left(4 + \frac{2\sqrt{2}}{k}\right)}{\left(4 + \frac{\sqrt{2}}{k}\right)\left(\frac{\sqrt{2}}{k}\right)\left(1 + \frac{k}{3\sqrt{2}}\right)} + \dfrac{2\mathcal{E} - 2\varphi_2}{3\sqrt{2}\left(1 + \frac{k}{3\sqrt{2}}\right)}$$

$$2\varphi_2 - \mathcal{E} + \dfrac{k\mathcal{E}}{3\sqrt{2}} = \dfrac{8\mathcal{E} - 12\varphi_2 - \frac{4k\varphi_2}{3\sqrt{2}} + \frac{4\sqrt{2}\mathcal{E}}{k} - \frac{6\sqrt{2}\varphi_2}{k} - \frac{2\varphi_2}{3}}{\frac{(4k + \sqrt{2})\sqrt{2}}{k^2}} + \dfrac{2\mathcal{E} - 2\varphi_2}{3\sqrt{2}}$$

для
5ы

Шифр 020856

6) Заметим, что 2-ая схема состоит из 4 треугольников:



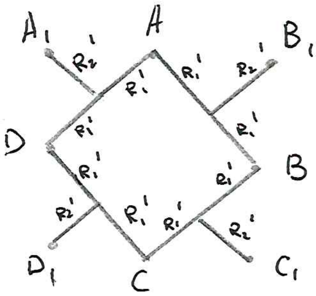
Проведём для них преобразование Треугольник-Звезда:

$$\left.\begin{aligned} R_1' + R_2' &= \frac{R_2(R_2+R_1)}{2R_2+R_1} \\ R_2' + R_3' &= \frac{R_2(R_2+R_1)}{2R_2+R_1} \end{aligned}\right\} \Rightarrow R_1' = R_3'$$

$$R_1' + R_3' = 2R_1' = \frac{R_1(2R_2)}{R_1+2R_2} \Rightarrow R_1' = \frac{R_1R_2}{2R_2+R_1}$$

$$R_2' = \frac{R_2^2 + R_2R_1}{2R_2+R_1} - \frac{R_1R_2}{2R_2+R_1} = \frac{R_2^2}{2R_2+R_1}$$

7) Схема принимает такой вид:



$$R_{A_1B_1} = 2R_2' + \frac{6R_1' \cdot 2R_1'}{8R_1'} = 2R_2' + \frac{3}{2}R_1' =$$

$$= \frac{2R_2^2 + \frac{3}{2}R_1R_2}{2R_2+R_1}$$

8) $R_{A_1B_1} = R_{AB} \Rightarrow \dfrac{2R_2^2 + \frac{3}{2}R_1R_2}{2R_2+R_1} = \dfrac{3}{4}R_1$

$$2R_2^2 + 1{,}5R_1R_2 = \frac{3}{2}R_1R_2 + \frac{3}{4}R_1^2 \Rightarrow 8R_2^2 = 3R_1^2 = 3\,\frac{2R_2^2}{k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8k = 6 \Rightarrow k = \frac{3}{4}$$

$\boxed{\text{Ответ: } \frac{S_{ABCD}}{S_{A_1B_1C_1D_1}} = \frac{3}{4}\text{, где } S_{ABCD}\text{ - толщина проволки из которой составлен квадрат } ABCD\text{, а } S_{A_1B_1C_1D_1}\text{ - квадрат } A_1B_1C_1D_1}$

2б.

№4

S, d, ε, L

$C - ?$

1) Ёмкость конденсатора без емкости:

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon (S - L^2)}{d}$$

2) Емкость выступает своего рода конденсатором, с ёмкостью:

$$C_E = \frac{\varepsilon_0 \cdot L^2}{L} = \varepsilon_0 L$$ ✓

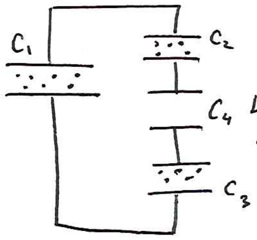
~~3)~~

для
бы

Шифр 20856

№4 (Продолжение)

3) Тогда наш изначальный конденсатор это система из 4 конденсаторов:



∵ – диэлектрик.

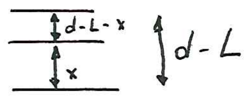
4) Найдём емкость этой системы:

$$C = C_1 + \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_3}\right)^{-1}$$

5) $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot (S - L^2)}{d}$; $C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot L^2}{d - L - x}$; $C_3 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot L^2}{x}$; $C_4 = \varepsilon_0 \cancel{L} L = \varepsilon_0 L$

6) $\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_{23}}$

7) C_{23} – конденсатор с толщиной $(d - L - x + x)$:



8) $C = C_1 + \left(\frac{C_3 + C_{23}}{C_3 \cdot C_{23}}\right)^{-1} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot (S - L^2)}{d} + \left(\frac{\varepsilon_0 L \cdot \varepsilon_0 \varepsilon (\cancel{d} L^2)}{(d-L)\left(\varepsilon_0 L + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon L^2}{d-L}\right)}\right)$

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \left(\frac{S - L^2}{d} + \frac{L^2 (d-L)}{(d-L)(L(d-L) + L^2 \cdot \varepsilon)}\right)$$

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \left(\frac{S - L^2}{d} + \frac{L^2}{dL - L^2 + L^2 \varepsilon}\right) = \varepsilon_0 \varepsilon \left(\frac{SdL - dL^3 - SL^2 + L^4 + SL^2\varepsilon - L^4 \varepsilon}{d^2 L - L^2 d + L^2 d \varepsilon - L^2 d}\right)$$

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \left(\frac{S - L^2}{d} + \frac{L^2}{d - L + L\varepsilon}\right) = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{(S - L^2)(d + L(\varepsilon - 1)) + L^2 d}{d^2 + Ld(\varepsilon - 1)} = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{Sd + SL(\varepsilon-1) - L^2 d - L^3(\varepsilon - 1) + L^2 d}{d(d + L(\varepsilon - 1))}$$

$$= \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S(d + L(\varepsilon-1))}{d(d + L(\varepsilon - 1))} + \frac{+(-L^3(\varepsilon - 1)) \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}{d(d + L(\varepsilon - 1))} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} - \frac{L^3(\varepsilon - 1)\varepsilon\varepsilon_0}{d(d + L(\varepsilon - 1))}$$

Ответ: $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 (S - L^2)}{d} + \frac{L^2 \cancel{(\varepsilon - 1)} \varepsilon\varepsilon_0}{\cancel{d}(d + L(\varepsilon - 1))}$

2б.