ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

020026

Шифр

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа

1.	Предмет	ФИЗИКА
2.	Вариант	
3.	Класс	11
4.	Фамилия	СИДОРОВ
	Имя	КИРИЛЛ
	Отчество	ДМИТРИЕВИЧ
5.	Дата рождения	Число: 02; Месяц: 02; Год: 2002
6.	Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)*	Кемеровская область
7.	Вид муниципального образования *(пр: село, город, пгт, деревня)*	город
8.	Населенный пункт *(пр: Томск, Кемерово, Асино)*	Новокузнецк
9.	Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь	МБНОУ „Лицей №84 им. В.А. Власова"

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 СК

Шифр 020026

Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

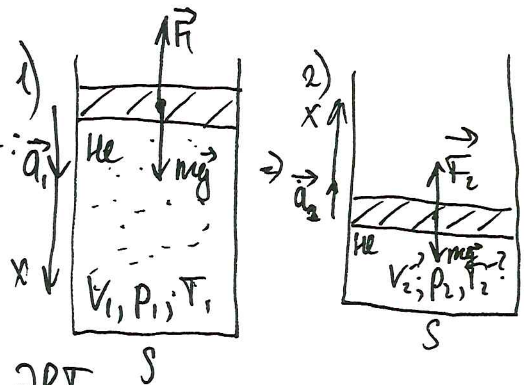
Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
46	19.03.2020	Дорошенко А.А.	[signature]

N3

Дано: He
$V_1 = 2\cdot10^{-3}\, м^3$
$m = 10\, кг$
$S = 20\cdot10^{-4}\, м^2$
$T_1 = 300\, K$
$p_{атм} = 0$
$a_2 = \frac{a_1}{2}$

$V_2 - ?\ ;\ T_2 - ?$

Решение:



I Момент отпускания поршня:

1) $\boxed{m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{F}_1}$ – II з. Н

Ox: $ma_1 = mg - F_1$

2) $\boxed{p_1 = \frac{F_1}{S}}$ – давление $\Rightarrow F_1 = p_1 S = \frac{\nu R T_1}{V_1} S$

3) $\boxed{p_1 V_1 = \nu R T_1}$ – уравнение Клапейрона – Менделеева $\Rightarrow$

$\Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$

$$ma_1 = mg - \frac{\nu R T_1}{V_1} S$$

II Момент торможения:

1) $\boxed{m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{F}_2}$ – II з. Н

Ox: $ma_2 = F_2 - mg$

1	2	3	4	5	Σ
5	12	15	4	10	46

5) Аналогично: $F_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} S$; $p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2}$, значит $ma_2 = F_2 - mg \Rightarrow$

$\Rightarrow ma_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} S - mg$

III По условию $\boxed{a_2 = \frac{a_1}{2}}$:

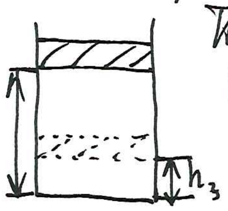
$$\begin{cases} ma_1 = mg - \frac{\nu R T_1}{V_1} S \\ ma_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} S - mg \\ a_2 = \frac{a_1}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{2\cancel{ma_2}}{\cancel{ma_2}} = \frac{mg - \frac{\nu R T_1}{V_1} S}{\frac{\nu R T_2}{V_2} S - mg} \Rightarrow \frac{mg - \frac{\nu R T_1}{V_1} S}{\frac{\nu R T_2}{V_2} S - mg} = 2 \Rightarrow$$

Шифр 020026

$$\Rightarrow 2\frac{\nu R T_2 S}{V_2} - 2mg = mg - \frac{\nu R T_1}{V_1}S \Rightarrow \boxed{\nu R S\left(\frac{2T_2}{V_2}+\frac{T_1}{V_1}\right) = 3mg}$$

IV Т.к. система замкнута и нет консервативных сил, то воспользуемся законом сохранения энергии:

$$\boxed{mgh_1 = mgh_3 + Q} \Rightarrow Q = mg(h_1 - h_3)$$



При h_3 поршень полностью остановится

V $\boxed{\Delta U = Q + A'}$ − I з. термодинамики

$\boxed{\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T}$ − внутренняя энергия

$$\left.\begin{array}{l}\boxed{A = p\Delta V}\\ p\Delta V = \nu R \Delta T\end{array}\right\} \Rightarrow A = \nu R \Delta T \quad ; \quad \frac{3}{2}\nu R\Delta T = Q + \nu R \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\nu R \Delta T}{2} \quad ; \quad mg(h_1 - h_3) = \frac{\nu R \Delta T}{2} \Rightarrow$$

$$mgh_1 - mgh_3 = \frac{\nu R (T_3 - T_1)}{2} \Rightarrow \boxed{T_3 = \frac{2mg(h_1 - h_3)}{\nu R} + T_1}$$

VI $\boxed{p_п = p_2}$ − равновесие

$$\left.\begin{array}{l} p = \frac{F}{S} \Rightarrow p_п = \frac{mg}{S} \\ p_2 = \frac{\nu R T_3}{V}\end{array}\right\} \Rightarrow \frac{mg}{S} = \frac{\nu R T_3}{V} \Rightarrow mg = \nu R T_3 \cdot h_3^{-1} \Rightarrow h_3 = \frac{\nu R T_3}{mg}$$

VII $\boxed{V = Sh}$ − объем сосуда; $V_1 = Sh_1 \Rightarrow h_1 = \frac{V_1}{S}$

$$T_3 = \frac{2mg(h_1 - h_3)}{\nu R} + T_1 = \frac{2mg\left(\frac{V_1}{S} - \frac{\nu R T_3}{mg}\right)}{\nu R} + T_1 \Rightarrow T_3 = \frac{2\left(mgh_1 + \frac{\nu R T_1}{2}\right)}{3\nu R} =$$

$$= \frac{2mgh_1 + \nu R T_1}{3\nu R}$$

VIII Найдем h_3: $h_3 = \frac{\nu R T_3}{mg} = \frac{\nu R \cdot \frac{2mgh_1 + \nu R T_1}{3\nu R}}{mg} = \frac{2mgh_1 + \nu R T_1}{3mg} \Rightarrow$

$$\Rightarrow h_3 = \frac{2mg\frac{V_1}{S} + \frac{p_1V_1}{T_1}\cdot T_1}{3mg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_3 = \frac{2\cdot 10m\cdot 10\,\frac{м}{с^2}\cdot 1м + 10\cdot 10^3 Па\cdot 2\cdot 10^{-3} м^3}{3\cdot 10m\cdot 10\,\frac{м}{с^2}} = 0{,}73м$$

IX: $\Delta h = h_1 - h_3 = 1м - 0{,}73м = 0{,}27м$

$\Delta V = S\Delta h = V_1 - V_3 \Rightarrow V_2 = V_1 - \Delta V = 2\cdot 10^{-3}м^3 - 20\cdot 10^{-4}м^2\cdot 0{,}27м = 1{,}6\cdot 10^{-3}м^3 = 1{,}6\,л$

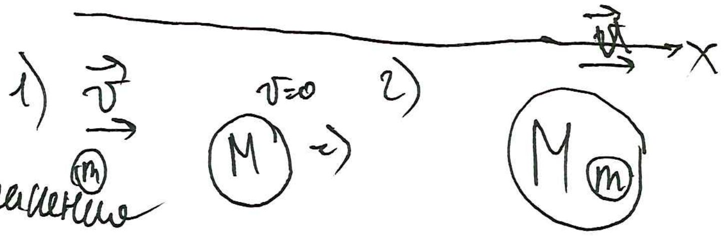
X Найдем T_2:

$$\vartheta RS\left(\frac{2T_2}{V_2} + \frac{T_1}{V_1}\right) = 3mg \Rightarrow \frac{2T_2}{V_2} = \frac{3mg}{\vartheta RS} - \frac{T_1}{V_1} \Rightarrow \boxed{T_2 = \frac{\left(\frac{3mg}{\vartheta RS} - \frac{T_1}{V_1}\right)V_2}{2}} =$$

$$= \left(\frac{3\cdot 10m\cdot 10\,\frac{м}{с^2}}{0{,}066\cdot 20\cdot 10^{-4}м^2} - \frac{300К}{2\cdot 10^{-3}м^3}\right)\cdot\frac{1{,}6\cdot 10^{-3}м^3}{2} = 720К$$

Ответ: $V_2 = 1{,}6\,л$; $T_2 = 720К$

№3



Дано: m, v, M

$\frac{M}{m}$ − ?

Решение:

I Запишем закон сохранения импульса на ось Ox: (т.к. система замкнута)

1) Ox: $mv = (M+m)U \Rightarrow U = \frac{mv}{M+m}$

2) Допустим, что $M = km$, тогда $U = \frac{\cancel{m}v}{\cancel{m}(k+1)} = \frac{v}{k+1}$

3) Закон сохранения энергии:

$\boxed{\frac{mv^2}{2} = \frac{(m+M)U^2}{2} + Q}$ − вся $E_к$ пули перешла $E_к$ шара и нагревание шара и пули

4) $Q = max \Rightarrow \frac{mv^2}{2} - \frac{m\cancel{(k+1)}\cdot v^2}{2(k+1)^{\cancel{2}}} = \frac{mv^2}{2}\left(1 - \frac{1}{(k+1)}\right)$

Шифр 020026

5) Найдём производную выражения:

$$y' = \left(\frac{mv^2}{2}\left(\frac{k+1-1}{k+1}\right)\right)' = \left(\frac{mv^2}{2}\left(\frac{k}{k+1}\right)\right)' = \left(\frac{mv^2}{2}\right)'^{\Rightarrow 0}\left(\frac{k}{k+1}\right) + \frac{mv^2}{2}\left(\frac{k}{k+1}\right)' = 0 \Rightarrow$$

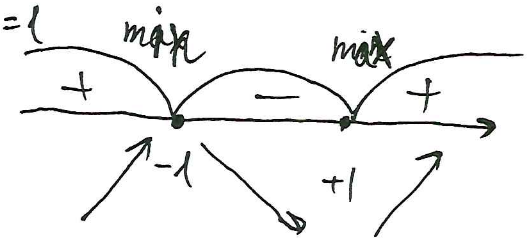
$\Rightarrow \frac{mv^2}{2(k+1)^2} = 0$, m, v — некоторые числа $\Rightarrow \frac{1}{(k+1)^2} = 0 \Rightarrow y' \neq 0$, $y' > 0$ — функция возрастает постоянно $\Rightarrow y_{max}$ будет при $k_{max} \Rightarrow 1$, тогда после столкновения тела будут двигаться со скоростью $U \approx v$, значит $M \approx m$.

6) $\boxed{Q = c(M+m)\Delta T}$ — нагревание:

$$\frac{\cancel{m}v^2}{2}\left(\frac{k}{k+1}\right) = c(k+1)\cancel{m}\Delta T \Rightarrow \Delta T_{max} = \left(\frac{k}{(k+1)^2}\right)' = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta T_{max} = k^2 + \cancel{2k} + 1 - 2k^2 - \cancel{2k} = 0 \Rightarrow -k^2 + 1 = 0 \Rightarrow k^2 = 1 \Rightarrow k = \pm 1$$

Значит точка максимума будет при $k = 1$



Значит: $M = km = 1 \cdot m = m \Rightarrow M = m$

Ответ: $M = m$

№1

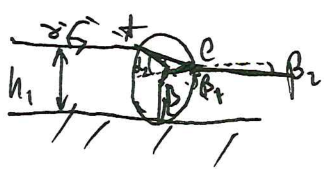
Дано:
$R = 0{,}1$ м
$h_1 = 0{,}14$ м
$n = 1{,}5$

β_1 — ?

Решение:

1) $\frac{\sin\alpha_1}{\sin\beta_1} = n \Rightarrow \boxed{\sin\alpha_1 = n\sin\beta_1}$

2) $\frac{\sin\alpha_2}{\sin\beta_2} = \frac{1}{n} \Rightarrow \boxed{\sin\alpha_2 = \frac{\sin\beta_2}{n}}$

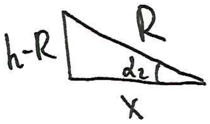


Шифр 20026

3) $\boxed{\alpha_2=\beta_1}$ (т.к. ΔABC равнобедренный: $AB=R$; $BC=R$) $\Rightarrow$

$$\sin\alpha_2=\sin\beta_1 \Rightarrow \begin{cases}\sin\alpha_2=\dfrac{\sin\beta_2}{n}\\ \sin\beta_1=\dfrac{\sin\alpha_1}{n}\end{cases} \Rightarrow \boxed{\beta_2=\alpha_1}$$

4) Если $\alpha_2=\beta_1$, то $\angle ABC=180^\circ-2\alpha_2=180^\circ-2\beta_1$

5) 

$$\Rightarrow x=\sqrt{R^2-(h-R)^2}=\sqrt{(0{,}1м)^2-(0{,}14м-0{,}1м)^2}\approx 0{,}09м$$

6) $$\begin{cases}\sin\alpha_2=\dfrac{h-R}{R}\\ \cos\alpha_2=\dfrac{x}{R}\end{cases} \Rightarrow tg\,\alpha_2=\frac{(h-R)R}{R\cdot x}=\frac{0{,}14м-0{,}1м}{0{,}09м} \Rightarrow \alpha_2=23{,}96^\circ\approx 24^\circ$$

7) $\beta_1=\alpha_2=24^\circ$

Ответ: $\beta_1=24^\circ$

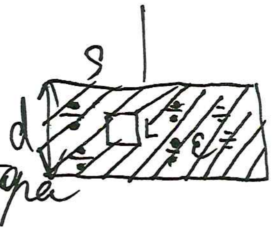
№4

Дано:
$S, d, \varepsilon, L,$
$L<d$

C' – ?

Решение:

1) $\boxed{C=\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}}$ – Ёмкость конденсатора без „дырки"



2) При добавлении ёмкости кубической формы диэлектрическая проницаемость конденсатора изменяется:

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}=\frac{Cd\,\varepsilon_0 S'}{\varepsilon_0 S\cdot C'd'} \Rightarrow \varepsilon'=\varepsilon\cdot\frac{C'd'S'}{CdS}$$

3) Объём ёмкости: $\boxed{V=L^3}$ (куб)

Шифр 20026

4) $V=Sh \Rightarrow S=\frac{V}{h}$ – площадь пластины

5) $V'=V_c-V_{c'}=Sd-L^3 \Rightarrow \frac{V'}{V_c}=\frac{Sd-L^3}{Sd}=1-\frac{L^3}{Sd}$

6) $\begin{cases} \varepsilon'=\frac{\varepsilon c'd's'}{cds} \\ V'=V\left(1-\frac{L^3}{Sd}\right) \end{cases} \Rightarrow \frac{c'd's'}{cdS}=1-\frac{L^3}{\cancel{Sd}} \Rightarrow \frac{c'd's'}{C}=\frac{Sd-L^3}{1} \Rightarrow$

$\Rightarrow C'=\frac{C(Sd-L^3)}{(S-L^2)(d-L)}$

Ответ: $C'=\frac{C(Sd-L^3)}{(S-L^2)(d-L)}$

N5

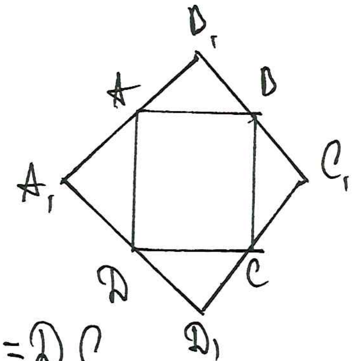
Дано: $l_{AB}=A_1B_1$

$R_{AB}=R_{A_1B_1}=R$

$\frac{S_{A_1B_1}}{S_{AB}}$ – ?

Решение:

1) Рассмотрим $ABCD$ и $A_1B_1C_1D_1$:

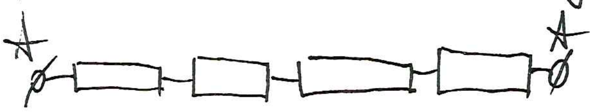


$\boxed{BD=D_1C_1} \Rightarrow \sqrt{AB^2+AD^2}=D_1C_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow AB=x$, тогда $\sqrt{2}x=D_1C_1 \Rightarrow C_1C=A_1A=\frac{\sqrt{2}AB}{2}$

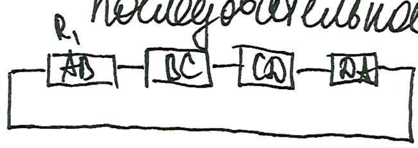
2) $\boxed{R=\rho\frac{l}{S}}$ – сопротивление проводника

3) Эквивалентная схема для $ABCD$:



или

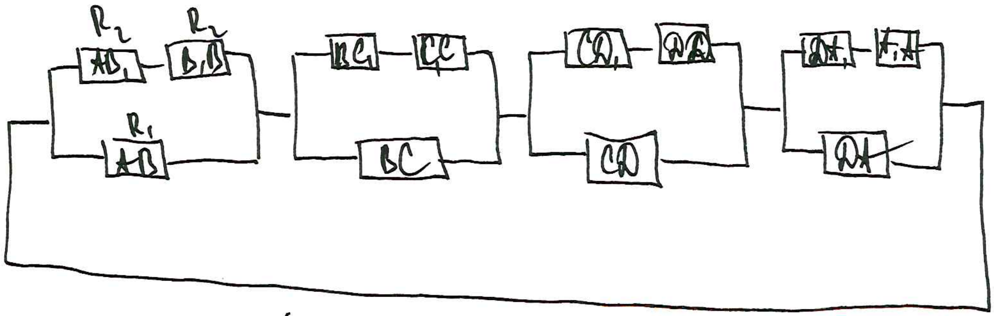
последовательная



$R_{общ}=R_1+R_1+R_1+R_1=4R$

Шифр 20026

4) Эквивалентная схема для $ABCDA_1B_1C_1D_1$:



$$R_{общ_2} = 4 \cdot \frac{(R_2+R_2)\cdot R_1}{2R_2+R_1} = \frac{8R_2R_1}{2R_2+R_1}$$

5) $R_{AB} = R_{A_1B_1}$ (по условию) $\Rightarrow R_1 = R_2 + \frac{2R_2 \cdot R_2}{2R_2+R_2} \Rightarrow R_1 = R_2 + \frac{2\cdot R_2^2}{3R_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{R_1 = \frac{5}{3}R_2}$

6) $$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho l_2 S_1}{S_2 \rho l_1} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}x \cdot S_1}{S_2 \cdot x} = \frac{3}{5} \Rightarrow S_2 = \frac{5\sqrt{2}}{3}S_1$$

Ответ: $\frac{S_2}{S_1} = \frac{5\sqrt{2}}{3}$