020023

Шифр

ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа

1.	Предмет	ФИЗИКА
2.	Вариант	
3.	Класс	11 А
4.	Фамилия	Г А П О Н Е Н К О
	Имя	А Н Д Р Е Й
	Отчество	К О Н С Т А Н Т И Н О В И Ч
5.	Дата рождения	0 2 (Число) 0 7 (Месяц) 2 0 0 2 (Год)
6.	Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)*	Кемеровская обл.
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 „гимназия № 44"

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 020023

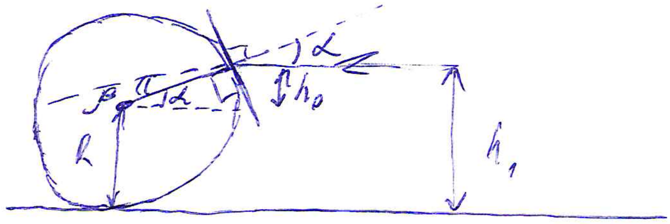
Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
62	19.03.2020	Дорошкевич А.А.	[signature]

№1.

Дано:
$R = 0{,}1м$
$h_1 = 0{,}14м$
$n_c = 1{,}5$
$n_в = 1$
$\beta - ?$

Решение:
вид с боку:



Проверём радиус $R_1 = R_в$ точку преломления луча (см. рис.), тогда этот радиус ⊥ касательной к этой окружности в этой точке. (см. рис), тогда угол между лучём и нормалью есть угол падения луча на шар – угол α (см. рис.). Тогда угол α равен центральному углу окружности между R_1 и горизонтальным радиусом (проведённым пунктиром), тогда $\sin\alpha = \frac{h_0}{R} = \frac{h_1 - R}{R} = \frac{0{,}04м}{0{,}1м} = 0{,}4$. Тогда, применим закон Снеллиуса, чтобы найти угол преломления β:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_c}{n_в} \Rightarrow \sin\beta = \frac{n_в}{n_c}\cdot\sin\alpha = \frac{0{,}4}{1{,}5} = 0{,}2666...$, то:

$\beta = \arcsin(0{,}2666) \approx 15{,}5°$.

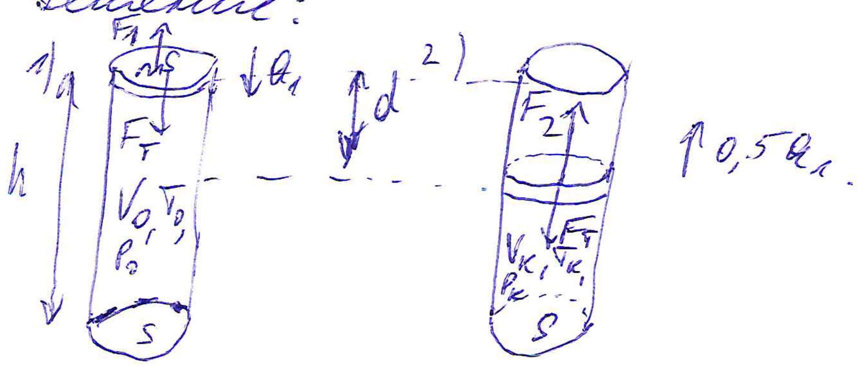
Ответ: $\beta = 15{,}5°$.

1	2	3	4	5	Σ
7	10	4	20	21	62

№2

Дано:
$V_0 = 2\cdot10^{-3} м^3$
$m = 10кг$
$S = 20см^2 = 2\cdot10^{-3} м^2$
$P_0 = 10^4 Па$
$T_0 = 300K$
$|a_2| = 0{,}5|a_1|$
$V_K - ?$
$T_K - ?$

Решение:



Шифр 020023

№2 (продолжение).

Найду высоту h - цилиндра:

$$V_0 = S\cdot h \Rightarrow h = \frac{V_0}{S} = \frac{2\cdot 10^{-3}\,м^3}{2\cdot 10^{-3}\,м^2} = 1\,м.$$

Запишу второй з. Ньютона для первого случая:
$ma_1 = F_т - F_1$, где $F_т = mg$, а F_1 - сила давления газа на поршень, т.е. $F_1 = P_0 S$, где P_0 - давление гелия изначально., то:

$$ma_1 = mg - P_0 S \Rightarrow a_1 = \frac{mg - P_0 S}{m} = \frac{100H - 10^4 Па\cdot 2\cdot 10^{-3} м^2}{10кг} = \frac{80H}{10кг} = 8\,\frac{м}{с^2}.$$

Запишу II з. Ньютона для второй ситуации

$0{,}5 ma_1 = F_2 - F_т = P_к\cdot S - mg$, где $P_к$ - конечное давление гелия., отсюда: $P_к = \frac{m\cdot(0{,}5a_1+g)}{S} = \frac{140H}{2\cdot 10^{-3}м^2} = 7\cdot 10^4$ Па - конечное

Закон Менделеева-Клапейрона для первой ситуации:

$$P_0 V_0 = \nu R T_0 \Rightarrow \nu = \frac{P_0 V_0}{RT_0} = \frac{\cancel{2}10^4\cdot 2\cdot 10^{-3}}{8{,}31\cdot 300}\,моль = 8\cdot 10^{-3}\,моль$$

гелия находилось в сосуде.

Закон Менд.-Клапейрона для второй ситуации:

$P_к V_к = \nu R T_к$., а т.к. $P_к = 7 P_0$, то:

$$\frac{P_0 V_0}{7P_0 V_к} = \frac{\nu R T_0}{\cancel{\nu R} T_к} \Rightarrow \frac{V_0}{7V_к} = \frac{T_0}{T_к} \Rightarrow \frac{V_0}{T_0} = \frac{7V_к}{T_к},$$

а пусть d - расстояние, на которое сдвинулся поршень, тогда т.к. сосуд теплоизолирован, то Q - подводимое тепло $= 0$., и по первому началу термодинамики:

$\Delta U = A$, где ΔU - изменение внутренней энергии газа, $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_0)$, а A - работа, совершённая над газом, т.е работа силы тяжести поршня, т.е. $A = mg\cdot d$, тогда имеем систему:

Шифр 020023

№2 (продолжение).

$$\begin{cases} \frac{V_0}{T_0} = \frac{7V_k}{T_k} \\ \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_0) = mgd \end{cases},$$

а т.к. $V_0 = S \cdot h$, а $V_k = S \cdot (h-d)$, то:

$$\begin{cases} \frac{Sh}{T_0} = \frac{7S(h-d)}{T_k} \Rightarrow h \cdot T_k = 7hT_0 - 7dT_0 \Rightarrow d = \frac{h\cdot(7T_0 - T_k)}{7T_0}. \\ \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_0) = mgd \end{cases}$$

Подставляем d во второе ур-е и находим T_k:

$$\frac{3}{2}\nu R(T_k - T_0) = mg \cdot \frac{h\cdot(7T_0 - T_k)}{7T_0}, \text{ отсюда:}$$

$$\frac{3}{2}\cdot 8\cdot 10^{-3}\cdot 8{,}31(T_k - 300) = \cancel{100}\cdot\frac{1\cdot(2100 - T_k)}{\cancel{2100}};$$

$$0{,}1\,T_k - 30 = 100 - \frac{T_k}{21};$$

$$0{,}15\,T_k = 130\,K.$$

$$\underline{T_k} = \frac{130K}{0{,}15} = \underline{866{,}7\,K}.,$$ тогда из ур-я Менделеева-Клапейрона:

$$P_k \cdot V_k = \nu R T_k \Rightarrow V_k = \frac{\nu R T_k}{P_k} = \frac{8\cdot 10^{-3}\,\text{моль}\cdot 8{,}31\,\frac{Дж}{К\cdot моль}\cdot 866{,}7K}{7\cdot 10^4\,Па} =$$

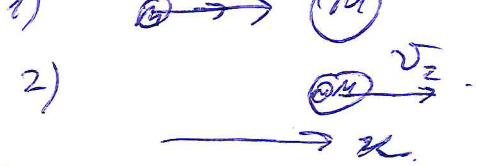
$$= 8{,}23\cdot 10^{-4}\,м^3$$

Ответ: $T_k = 866{,}7K$; $V_k = 8{,}23\cdot 10^{-4}\,м^3$.

№3

Дано:	Решение:
m v M $\frac{m}{M}$ - ?	

Решение:



Распишем закон сохранения энергии и импульса:

$$\begin{cases} mv = (m+M)v_2 \\ \frac{mv^2}{2} = \frac{(m+M)v_2^2}{2} + Q \end{cases},$$ где v_2 - скорость шаров после столкновения, а Q - количество теплоты,

Шифр 020023

№3 (продолжение).

Т.е. шарики нагреются в том случае, когда выделится максимальное кол-во теплоты, тогда:

$$\begin{cases} (m+M)^2 v_2^2 = m^2 v^2 \\ \frac{(m+M)\cdot v_2^2}{2} = \frac{m v^2}{2} - Q \end{cases}$$

Разделим одно ур-е на другое:

$$\frac{2(m+M)}{1} = \frac{m^2 v^2}{\frac{m v^2}{2} - Q} \Rightarrow m^2 v^2 = (m+M) m v^2 - 2(m+M) Q,$$

или: $m^2 v^2 = m^2 v^2 + mM v^2 - 2(m+M) Q$, отсюда:

$Q = \frac{mM v^2}{2m+2M}$ – имеет max знач. при $\frac{mM}{2m+2M}$ – max,

или $\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{Mm}{m+M}\right)$ – max – верно при $\cancel{\frac{Mm}{m+M}}$ ~~...~~.

при $\frac{Mm}{2(m+M)}$ – наибольшим – а это как с паралл. соед. резисторов, т.е. $M >> m$, т.е. $\frac{m}{M} = \frac{1}{\infty}$.

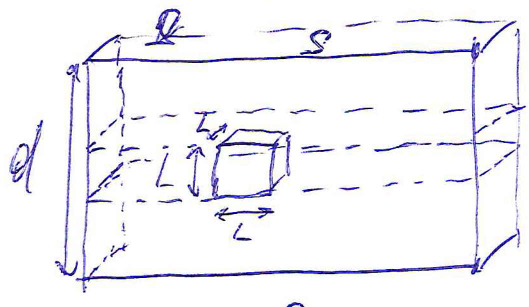
Ответ: $\frac{m}{M} = \frac{1}{\infty}$.

№4.

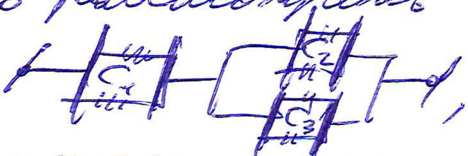
Дано:
S
d
ε
L

$C_{общ}$ – ?

Решение:



Данную систему можно рассмотреть как:



где C_1 – диэлектрический конденсатор с площадью S и толщиной $(d-L)$, т.е. $C_1 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d-L}$, где ε_0 – эл. постоянная, C_2 – воздушный конденсатор – куб, у которого площадь обкладок L^2, а толщина L, т.е.: $C_2 = \frac{\varepsilon_0 L^2}{L} = \varepsilon_0 L$, а C_3 – диэлектрический конден-

Шифр 20023

№4 (продолжение).

сатор, с площадью обкладок $(S-L^2)$, и толщиной-шириной между обкладками: L, т.е.:

$C_3 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0(S-L^2)}{L}$, тогда: т.к. C_2 и C_3 - соед. парал., то: $C_{общ.1} = C_2 + C_3 = \varepsilon_0 L + \frac{\varepsilon\varepsilon_0(S-L^2)}{L} = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon S - L^2\cdot(\varepsilon-1))}{L}$,

тогда: т.к. C_{2-3} и C_1 - соединены последовательно, то:

$$\frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{C_{общ.1}} + \frac{1}{C_1} = \frac{L}{\varepsilon_0(\varepsilon S - L^2\cdot(\varepsilon-1))} + \frac{d-L}{\varepsilon\varepsilon_0 S} =$$

$$= \frac{\cancel{\varepsilon SL} + d\varepsilon S - dL^2\cdot(\varepsilon-1) - \cancel{\varepsilon SL} + L^3\cdot(\varepsilon-1)}{\varepsilon S\varepsilon_0\cdot(\varepsilon S - L^2\cdot(\varepsilon-1)} = \frac{d\varepsilon S - dL^2\cdot(\varepsilon-1) + L^3(\varepsilon-1)}{\varepsilon S\varepsilon_0\cdot(\varepsilon S - L^2\cdot(\varepsilon-1))},$$

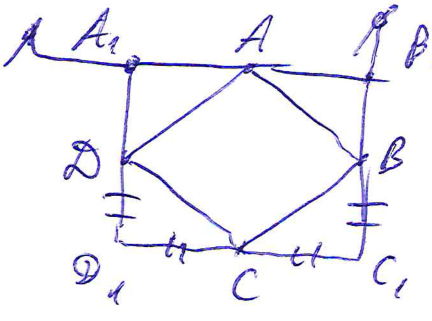
Ответ: $C_{общ.} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S\cdot(\varepsilon S - L^2\cdot(\varepsilon-1))}{d\varepsilon S - dL^2\cdot(\varepsilon-1) + L^3\cdot(\varepsilon-1)}$.

№5

Пусть r — сопротивление стороны квадрата $ABCD$, а R — сопротивление $\frac{1}{2}$ стороны квадрата $A_1B_1C_1D_1$, тогда в первом случае мы имеем:

, т.е. $R_{общ.1} = \frac{3r\cdot r}{4r} = \frac{3r}{4}$,

а во втором случае:



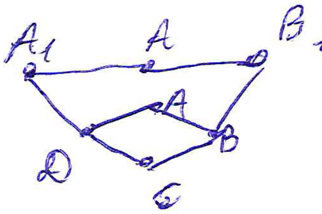
точки C_1 и D_1 — с равными потенциалами, то есть через C_1D_1 — тока нет, C_1D_1 - можем вычеркнуть из схемы, но т.к. точки D, A, B - тоже с равными потенциалами, то узел в точке A можем раз-

6 страница

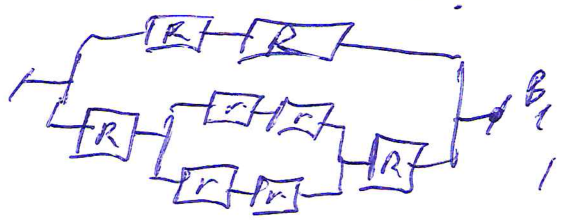
Шифр 20023

№5 (продолжение).

щитать, т.е. получим в итоге схему:



или:



тогда: $\frac{1}{R_{2общ.}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R+\frac{2r}{2}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R+r}$, т.е.:

$R_{2общ.} = \frac{2R\cdot(2R+r)}{4R+r}$, а по усл. $R_{1общ.} = R_{2общ.}$,

т.е.: $\frac{3r}{4} = \frac{4R^2+2Rr}{4R+r}$, т.е.: $16R^2+8Rr = 12Rr+3r^2$;

$16R^2-4Rr-3r^2=0$.

$D = 16r^2 + 64\cdot 3r^2 = 208r^2$, то:

$R = \frac{4r+\sqrt{208}\,r}{32} = \frac{r\cdot(1+\sqrt{13})}{8}$, а т.к.

$R = \frac{\rho\cdot l}{S_2}$, где $l = A_1A$, то т.к. $AD = \sqrt{2}\,AA_1$,

из $\triangle ADA_1$ - прямоугл., равнобедр., то:

$r = \frac{\rho\cdot\sqrt{2}\cdot l}{S_1}$, то: $\frac{\cancel{\rho l}}{S_2} = \frac{\cancel{\rho l}\cdot\sqrt{2}\cdot(1+\sqrt{13})}{8S_1}$,

и тогда: $\frac{S_1}{S_2} = \frac{\sqrt{2}\cdot(1+\sqrt{13})}{8}$

Ответ: $\frac{S_1}{S_2} = \frac{\sqrt{2}\cdot(1+\sqrt{13})}{8}$