



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Покори Воробьёвы Горы!»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Дьячковский Михаил Афанасьевич**

Класс: **11**

Технический балл: **99**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы Горы!»
Заключительный этап 2021/22 учебного года.

ШИФР РАБОТЫ	1722548
--------------------	----------------

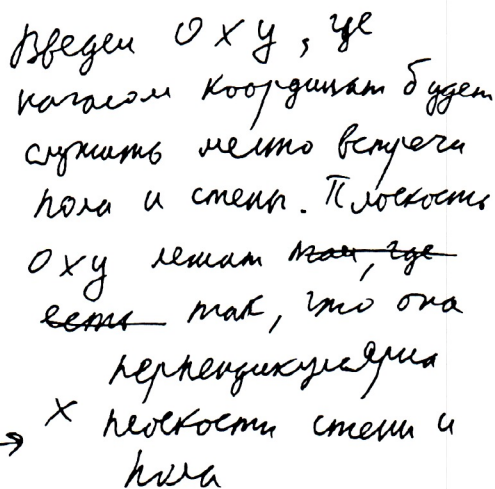
Результаты проверки:

Лукашева Екатерина Викторовна
Орещко Алексей Павлович

	1	2	3	4	Σ
В	5	5	5	4	99
З	20	20	20	20	

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:99

Ерл
Орещко



Введение движение без отрыва. точки касания лестницы с стеной и полом могут двигаться только вертикально и горизонтально соответственно. Запишем уравнение кинематики лестницы:

$$v \cos \alpha = u \sin \alpha \Rightarrow v = u \tan \alpha \quad (1)$$

Закон изменения v известен: $v = a_0 t$. Тогда в момент $\tau = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$: $v = a_0 \cdot \sqrt{\frac{L}{2a_0}} = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}} = a_0 \tau$

$$u = \frac{v}{\tan \alpha} = \frac{1}{\tan 45^\circ} \cdot \sqrt{\frac{a_0 L}{2}} = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}} = a_0 \tau$$

(1): $v = u \cdot \frac{y}{x}$. Понятно, что еще: $v = \dot{x}$, $u = -\dot{y}$

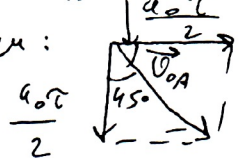
Имеем: $\dot{x} \cdot x = -\dot{y} \cdot y$

Продифференцируем по t это выражение еще раз:

$$\ddot{x} \cdot x + (\dot{x})^2 = -\ddot{y} \cdot y - (\dot{y})^2 \quad (2)$$

Объясним это вот момент. Мы отобразили точки касания лестницы с полом и стеной с точками с координатами $(x; 0)$ и $(0; y)$, которые движутся. Тогда скорости и ускорения леополога связаны с векторами

$$\vec{OA} = \vec{Ox} + \vec{Oy} = \frac{\vec{Ox}}{2} + \frac{\vec{Oy}}{2} \quad (=)$$

$$\vec{v}_{OA} = \frac{\vec{v}}{2} + \frac{\vec{u}}{2} \quad \text{Имеем:}$$


$$v_{OA} = \frac{a_0 \tau}{2} \cdot \sqrt{2} = \frac{a_0 \tau}{\sqrt{2}}$$

имеем: $\vec{v}_{OA} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d}{dt} (\vec{Ox} + \vec{Oy})$

тогда

$$\vec{a}_{OA} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d^2}{dt^2} (\vec{Ox} + \vec{Oy}) = \frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dt^2} (\vec{Ox}) + \frac{d^2}{dt^2} (\vec{Oy}) \right)$$

Каждое равенство $\frac{d^2}{dt^2} (\vec{Oy})$ интуитивно понятно из условия жесткости. Разогн,

также, как было показано с направлением ^{истинное} $\vec{u} = \frac{d}{dt}(\vec{Oy})$.
 $\vec{u} \uparrow \uparrow d(\vec{Oy})$ — малым ~~изменением~~ $\vec{Oy}$, а он ~~направлен~~ ^{направлен} ~~вниз~~. Значит $\frac{d}{dt}(\vec{Oy})$ сопоставлено с малым ~~изменением~~ $\vec{Oy}$, который подчиняется закону: $u = \frac{v}{\tan \alpha} = \frac{a_0 t}{\tan \alpha}$, где со временем $\tan \alpha$ увеличивается, а значит u уменьшается.
 $\vec{Oy} \uparrow \uparrow \vec{u}$.

Вспомогательная (2):

$$a_0 \cdot X + v^2 = -\ddot{y} \cdot X \cdot \tan \alpha - (\dot{y})^2$$

В нашем случае: $X \cdot \tan \alpha = X \cdot \tan 45^\circ = X$. Также:

$$X^2 + y^2 = L^2 = x^2 + x^2 = 2x^2 \Rightarrow X = \frac{L}{\sqrt{2}} = \frac{2a_0 \tau^2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} a_0 \tau^2,$$

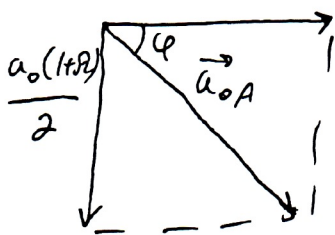
$$\dot{y} = v = a_0 \tau$$

$$a_0 \cdot \sqrt{2} a_0 \tau^2 + a_0^2 \tau^2 = -\ddot{y} \cdot \sqrt{2} a_0 \tau^2 - a_0^2 \tau^2$$

$$a_0^2 \tau^2 \cdot (2 + \sqrt{2}) = -\ddot{y} \cdot \sqrt{2} a_0 \tau^2$$

$\ddot{y} = -a_0(\sqrt{2} + 1)$ — знак минус указывает на то, что ~~изменение~~ $\ddot{y}$ направлено против оси Oy .

Ищем: $\frac{a_0}{2}$



$$\tan \varphi = 1 + \sqrt{2}$$

$$\varphi = \arctan(1 + \sqrt{2})$$

$$a_{0A}^2 = \frac{a_0^2}{4} + \frac{a_0^2(3+2\sqrt{2})}{4} = \frac{a_0^2(4+2\sqrt{2})}{4} = \frac{a_0^2(2+\sqrt{2})}{2}$$

$$a_{0A} = a_0 \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{2}}}$$

$$\text{Ответ: } v_{0A} = \frac{a_0 \tau}{\sqrt{2}},$$

$$a_{0A} = a_0 \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{2}}}$$

3 стр

$\vec{v}_{0A}$ составляет 45° с $\vec{a}_0$
 $\vec{a}_{0A}$ составляет $\arctan(1 + \sqrt{2})$ с $\vec{a}_0$
 по часовой стрелке

Задача 2.

Методик

Задача 2.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона: ^{которое вытекает из} ^{гипотезы}

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \frac{p\mu}{R} = \frac{m}{V} \cdot T = \rho \cdot T \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ давление газа тем больше, чем больше произведение $\rho \cdot T$.

Исследуем предметную зависимость:

$$\frac{p}{p_0} = k \cdot \frac{T}{T_0} + b, \text{ известно: } \begin{cases} 5 = k \cdot 1 + b = k + b \\ 2 = k \cdot 4 + b = 4k + b \end{cases}$$

$$3 = -3k \Rightarrow k = -1, \text{ Подставим: } 5 = -1 + b \Rightarrow b = 6$$

$$\text{Итак: } \frac{p}{p_0} = -\frac{T}{T_0} + 6; \quad \frac{p}{p_0} + \frac{T}{T_0} = 6$$

$$6p_0T_0 = pT_0 + T \cdot p_0 \Rightarrow p = -p_0 \cdot \frac{T}{T_0} + 6p_0$$

$$p \cdot T = \left(-p_0 \cdot \frac{T}{T_0} + 6p_0\right) \cdot T = -\frac{p_0}{T_0} T^2 + 6p_0 T$$

$$\text{Максимум параболы } T_{\max} = \frac{-6p_0}{-\frac{2p_0}{T_0}} = 3T_0$$

$$(p \cdot T)_{\max} = -\frac{p_0}{T_0} \cdot 9T_0^2 + 6p_0 \cdot 3T_0 = \boxed{9p_0 T_0}$$

$$p_{\max} = \frac{R}{\mu} \cdot 9p_0 T_0$$

относительно вершины x_0

→ параболы — симметричная функция. Наша параболка имеет отриц. старший коэф., поэтому чем дальше аргумент T от $T_{\max}$, тем меньше будет значение функции. Каким значением наиболее удалено: T_0 ?

$$(p \cdot T)_{\min} = -\frac{p_0}{T_0} \cdot T_0^2 + 6p_0 T_0 = 5p_0 T_0$$

4СТР

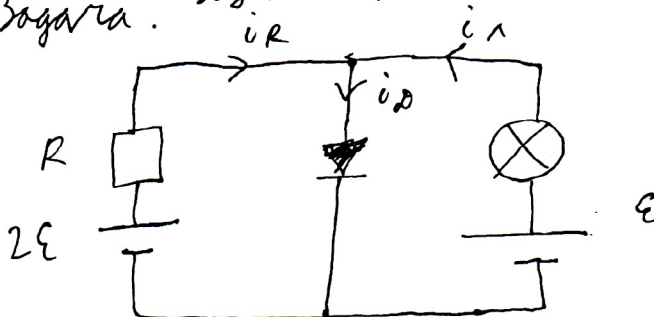
Задача.

Поняв просто необходимо найти пересечение на в координатах (I, U) графика ВАХ диода и прямой, которую мы будем, и.к. только на пересечении будет работать и ВАХ, и Π 3-и Кирхгофа, и ток, между собой будет одним и тем же по Π 3-ю Кирхгофа. Из графика видно, что это будет при $U = 1,6$ В $I = 0,6$ А

Ответ: $I = 0,6$ А.



Задача. Задача 3.



Π 3-и Кирхгофа:

$$i_R + i_L = i_D \quad (1)$$

Π 3-и Кирхгофа:

$$2E = i_R R + U_D \quad (2)$$

$$E = U + U_D \quad (3)$$

$$i_L = I_0 \cdot \sqrt{\frac{U}{E}}; \quad (2): \quad i_R = \frac{2E - U_D}{R}$$

(3): $U = E - U_D$. Подставляем в (1):

$$i_D = \frac{2E - U_D}{R} + I_0 \cdot \sqrt{\frac{E - U_D}{E}}$$

Подставляем числа:

$$i_D = \frac{2 \cdot 5 - U_D}{20} + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{U_D}{5}} = 0,25 - \frac{U_D}{20} + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{U_D}{5}}$$

бстр

Чистовик.

Необходимо лишь найти пересечение этого графика i_D от U_D и ВАХ диода, чтобы найти стационарный режим.

Примем, видно, что ~~от~~ при увеличении U_D i_D падает. А наша ВАХ всё время нарастает при увеличении U_D . Значит, стационарный режим возможен лишь в одной точке.

$$i_D(2B) = 0,5 - 0,1 + 0,5 \cdot \sqrt{0,6} \approx 0,48 + 0,5 \cdot 0,77 = 0,785 A$$

$$U_D(2B) \approx 1A \text{ по ВАХ} \\ 0,9A$$

$$i_D(1,25B) = 0,5 - \frac{1,75}{20} + 0,5 \sqrt{1 - \frac{1,75}{5}} = \\ = 0,5 - 0,0875 + 0,5 \cdot \sqrt{0,65} \approx 0,4125 + 0,5 \cdot 0,8 = \\ = 0,4125 + 0,4 = 0,8125 A$$

$$U_D(1,25B) \approx 0,8 A$$

U_D - за невозможности исследования графика из-за неопределенности, что $i_D \approx 0,81 A$, а предполагаю из монотонности,

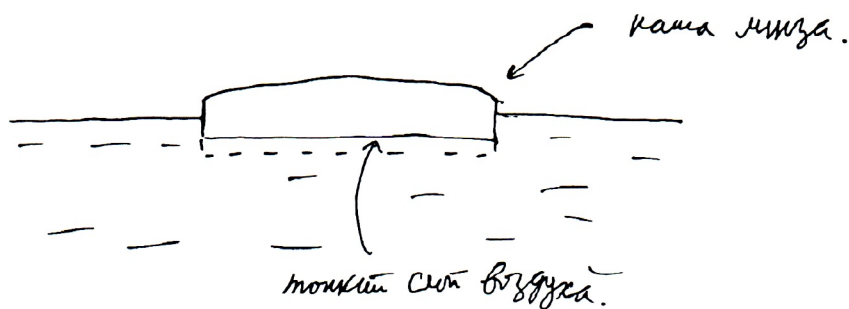
$$U_D \approx 1,8 \Rightarrow P_D = U_D \cdot i_D = 1,8 \cdot 0,81 = 1,458 Вт$$

$$\text{Ответ: } P_D = 1,458 Вт$$



Задача 4. Чистовик.

Задача.



Упрости нашу задачу следующим образом:
добавь между плоской частью ~~каша~~ миза и водой очень тон-
кий слой воздуха. П.к. мы знаем свойства плоскопарал-
лельной пластинки: световые лучи пластинкой почти про-
порционально толщине пластинки, то от добавления
очень тонкого слоя ничего не меняется в ходе
лучей, но мы разобьем их переходы ^{на} преломления на
два этапа:

- 1) фокусировка луча мизой, как в воздухе
- 2) преломление луча на границе воздух-вода.

1 этап:

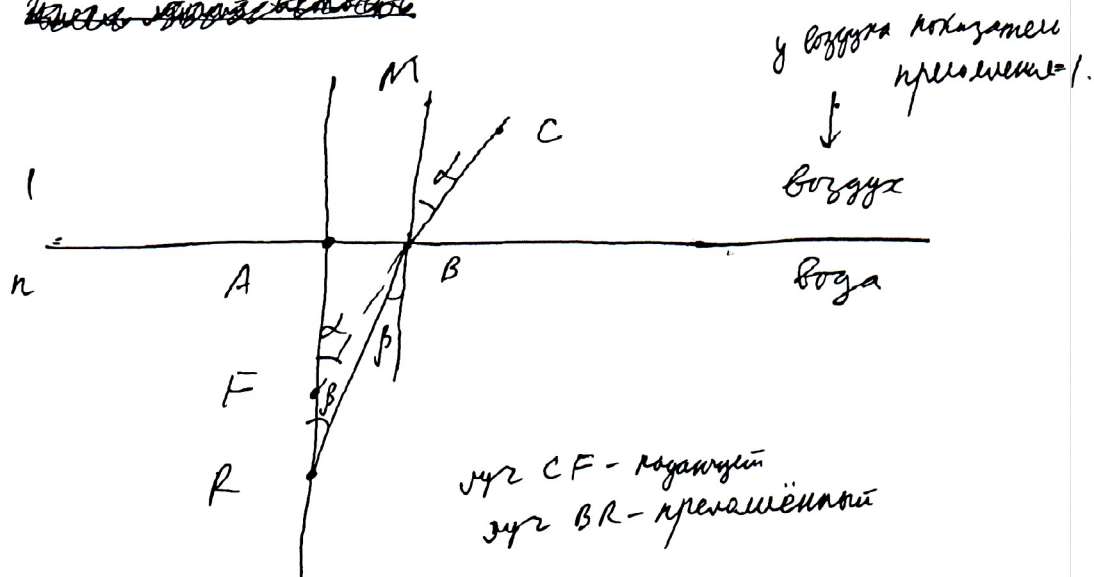
Лучок идет точно через вершину выпуклой поверхнос-
ти. Значит, для мизы они идут с "бесконечности".

и фокусируются в фокусе: $F = \frac{1}{2} R$

8СТР

II этап: Рассмотрим преломление "металлик-воздух".

~~Итого: показатель преломления~~



Закон Снеллиуса:

$$1 \cdot \sin \alpha = n \cdot \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{1}{n} \sin \alpha$$

м.к. угол
уменьш, но угол
малее: $\sin \alpha \approx \alpha$
 $\sin \beta \approx \beta$

$$\beta = \frac{\alpha}{n}$$

Рассмотрим $\triangle AFB$:

$$\tan \alpha = \frac{AB}{AF}$$

и $\triangle ARB$:

$$\tan \beta = \frac{AB}{AR}$$

Для малых углов: $\tan \alpha \approx \alpha$, $\tan \beta \approx \beta$

$$\alpha = \frac{AB}{AF}, \quad \beta \frac{\alpha}{n} = \frac{AB}{AR} \Rightarrow n = \frac{AR}{AF}$$

По условию: $AR = h$, $AF = F$.

$$n = \frac{h}{F} = h \cdot D = 0,2 \cdot 7 = 1,4$$

Ответ: показатель преломления воды $n = 1,4$.

ГСТР

Числовик

Задача 4.

Вопрос.

Для того, чтобы ответить на вопрос, воспользуемся формулой линзовальника:

$$\frac{1}{F} = \left(\frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{среда}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \text{ где } n_{\text{линза}} -$$

показатель преломления ~~и~~ линзы, $n_{\text{среда}}$ - показатель преломления среды, в которую погружена линза.

$$\frac{1}{F_{\text{воздух}}} = \left(\frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{воздух}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = D_{\text{воздух}}$$

$$\frac{1}{F_{\text{жидкость}}} = \left(\frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{жидкость}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = D_{\text{жидкость}}$$

$$\frac{D_{\text{жидкость}}}{D_{\text{воздух}}} = \frac{\frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{жидкость}}} - 1}{\frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{воздух}}} - 1}; \quad n_{\text{жидкость}} > n_{\text{воздух}} \Rightarrow \text{либо } n > 0 \text{ (по определению)}$$

$$\frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{жидкость}}} < \frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{воздух}}} \Rightarrow \frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{жидкость}}} - 1 < \frac{n_{\text{линза}}}{n_{\text{воздух}}} - 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D_{\text{жидкость}} < D_{\text{воздух}}.$$

Ответ: Оптическая сила тонкой линзы уменьшается.

Человек

$$\begin{array}{r} \times 1,73 \\ 1,73 \\ \hline + 519 \\ 1211 \\ 173 \\ \hline 29929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 1,73 \\ \hline 5001173 \\ 34822,89 \\ \hline -1540 \\ 1384 \\ \hline -1560 \\ 1857 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,73 \\ 9 \\ \hline 1557 \\ \hline 1,564 \\ 120,375 \\ \hline 30 \\ 28 \\ \hline 20 \\ 0,5625 \end{array}$$

$$\frac{2,5}{4} = \frac{6,25}{10} = 0,625$$

$$u_2 = 1 \beta = 7$$

$$0,25 - 0,05 + 0,50 \cdot \sqrt{1,8} = 0,20 + 0,5 \cdot 1,6$$

$$\sqrt{1,8}$$

$$0,92 \quad 2,09 \quad \sqrt{1,8} = 1,3$$

$$u_2 = 2 \beta$$

$$0,15 + 0,5 \cdot \sqrt{2-0,4}$$

$$1,6 = 1,3$$

$$\frac{1,5 \cdot 575}{20 \cdot 5} = \frac{1}{100}$$

$$0,75$$

$$u_2 = 1,5$$

$$\sqrt{1,2}$$

$$0,250 - 0,075 = 0,175 + 0,5 \cdot \sqrt{2-}$$

$$0,175 + 0,65 = 0,825$$

$$\frac{0,2500 \cdot 1,5}{0,00875 \cdot 5} = \frac{0,5 \cdot 3}{0,5 \cdot 10} =$$

$$u_2 = 1,75 \pm 0,250 - 0,00875 + 0,5 \cdot \sqrt{1,65} = 0,65 +$$

ИСТР

репробук

$$\frac{1}{F} = \left(\frac{n}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$x' + y' = 0$$

$$2x \cdot \dot{x} + 2y \cdot \dot{y} = 0$$

$$(\dot{x})^2 + x \cdot \ddot{x} + (\dot{y})^2 + y \cdot \ddot{y} = 0$$

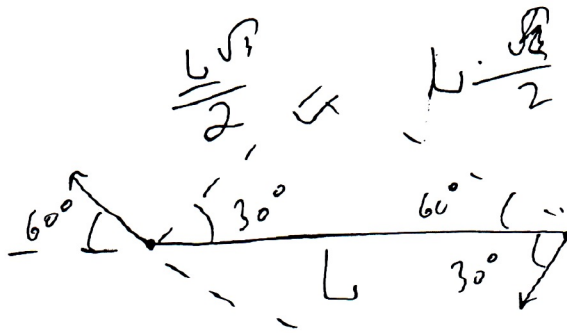
$$\begin{array}{r} x \ 1,1415 \\ 2 \ 5,1415 \\ \hline 1 \ 2 \ 7 \ 0 \ 7 \ 5 \\ + 1 \ 1 \ 4 \ 1 \ 5 \\ \hline 1 \ 5 \ 6 \ 6 \ 0 \\ 1 \ 1 \ 4 \ 1 \ 5 \\ 1 \ 1 \ 4 \ 1 \ 5 \\ \hline 1 \ 2 \ 7 \ 3 \ 0 \ 2 \ 2 \ 2 \ 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x \ 1,41 \\ 1 \ 4 \ 1 \\ \hline + \ 5 \ 6 \ 4 \\ \hline 1 \ 4 \ 1 \\ \hline 1 \ 9 \ 8 \ 8 \ 1 \end{array}$$

$$\omega = \frac{2v}{\sqrt{3}L}$$

$$\frac{\omega L}{2} = \frac{v}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{\omega L \sqrt{3}}{2} = v$$



$$v \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = u \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad u = \frac{v}{\sqrt{3}}$$

$$500 \cdot 1,73$$

$$\begin{array}{r} x \ 1,73 \\ 2 \ 2,89 \\ \hline 1 \ 5 \ 6 \ 7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \ 1 \ 3 \ 8 \ 4 \\ \hline 3 \ 4 \ 6 \\ \hline 4 \ 9 \ 9,9 \ 7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x \ 1,73 \\ 1 \ 7 \ 3 \\ \hline + \ 1 \ 2 \ 1 \ 1 \\ \hline 1 \ 7 \ 3 \\ \hline 1 \ 9 \ 9 \ 2 \ 9 \end{array}$$

$$\omega \cdot R = v$$

$$\omega \cdot u = \frac{v}{c}$$

12CTP

$$1 - 0,4 = \overset{\text{вероятность}}{0,6} \Delta$$

$$u_{\bar{z}} = u_{\bar{z}}^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\sigma_0}{\sqrt{\varepsilon}}$$

$$u_{\bar{z}} = 1 \beta$$

$$\sqrt{0,8} \approx 0,9$$

$$0,45 + 0,5 - 0,05 = 0,9$$

$$2\beta: \sqrt{0,6} \approx 0,8$$

$$0,4 + 0,5 - 0,1 = 0,8$$

$$1,75: 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{0,75}{5}} = 0,5 \cdot \sqrt{0,85} \approx 0,5 \cdot 0,9 = 0,45$$

$$1,5 \cdot 0,1 = 0,15$$

$$0,99 - \frac{0,75}{20}$$

$$\begin{array}{r} 0,75 \\ \times 2 \\ \hline 0,0375 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,75 \\ \times 0,5 \\ \hline 0,385 \\ + 0,4 \\ \hline 0,785 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,75 \\ \times 2,75 \\ \hline 2,75 \end{array}$$

$$0,99 - 0,95 - 0,0375 = 0,9$$

$$\begin{array}{r} 0,75 \\ \times 0,75 \\ \hline 375 \\ + 525 \\ \hline 0,5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,25 \\ \times 2 \\ \hline 6,50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,77 \\ \times 0,77 \\ \hline 539 \\ + 539 \\ \hline 0,5929 \end{array}$$

$$3,25 \div 5 = 0,65$$

$$\begin{array}{r} 0,81 \\ \times 0,81 \\ \hline 648 \\ + 81 \\ \hline 1458 \end{array}$$

~~13~~ 13 стр

$$r_{\min} = \frac{R}{\mu} \cdot 5 p_0 T_0$$

$$\frac{r_{\max}}{r_{\min}} = \frac{R}{\mu} 9 p_0 T_0 \cdot \frac{\mu}{R \cdot 5 p_0 T_0} = \frac{9}{5} = 1,8$$

ответ: $\frac{r_{\max}}{r_{\min}} = 1,8$



Вопрос. Задание 2.

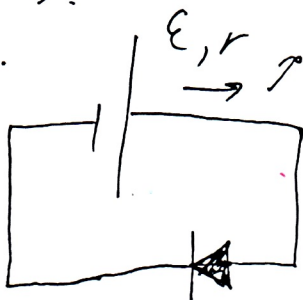
Температура - это физическая величина, прямо пропорциональная средней кинетической энергии хаотического (тепловое) движения молекул.

Абсолютная шкала температур Кельвина отсчитывается свой ноль от $-273,15^\circ \text{C}$. Один градус Кельвина равен одному градусу Цельсия. Свой ноль отсчитывает от температур, при которых прекращается всякое тепловое движение. Вводится при помощи закона Шарля. Его основывается на прямой пропорциональности объёма идеальных газов его температуре. С этой точки зрения, абсолютный ноль Кельвина - это температура, при которой газ идеальный газ сожмётся до нулевого объёма.



Задание 3.

Вопрос:



Запишем !! Закон Кирхгофа:

$$\varepsilon = U + I \cdot r$$

$$I = \frac{\varepsilon - U}{r}$$

Подставим число:

$$I = \frac{4 - U}{4} = 1 - \frac{U}{4}$$

5 СТР