



+1 лист  
едан в 16.15  
лиш

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

Вариант 6

Место проведения Москва  
город

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

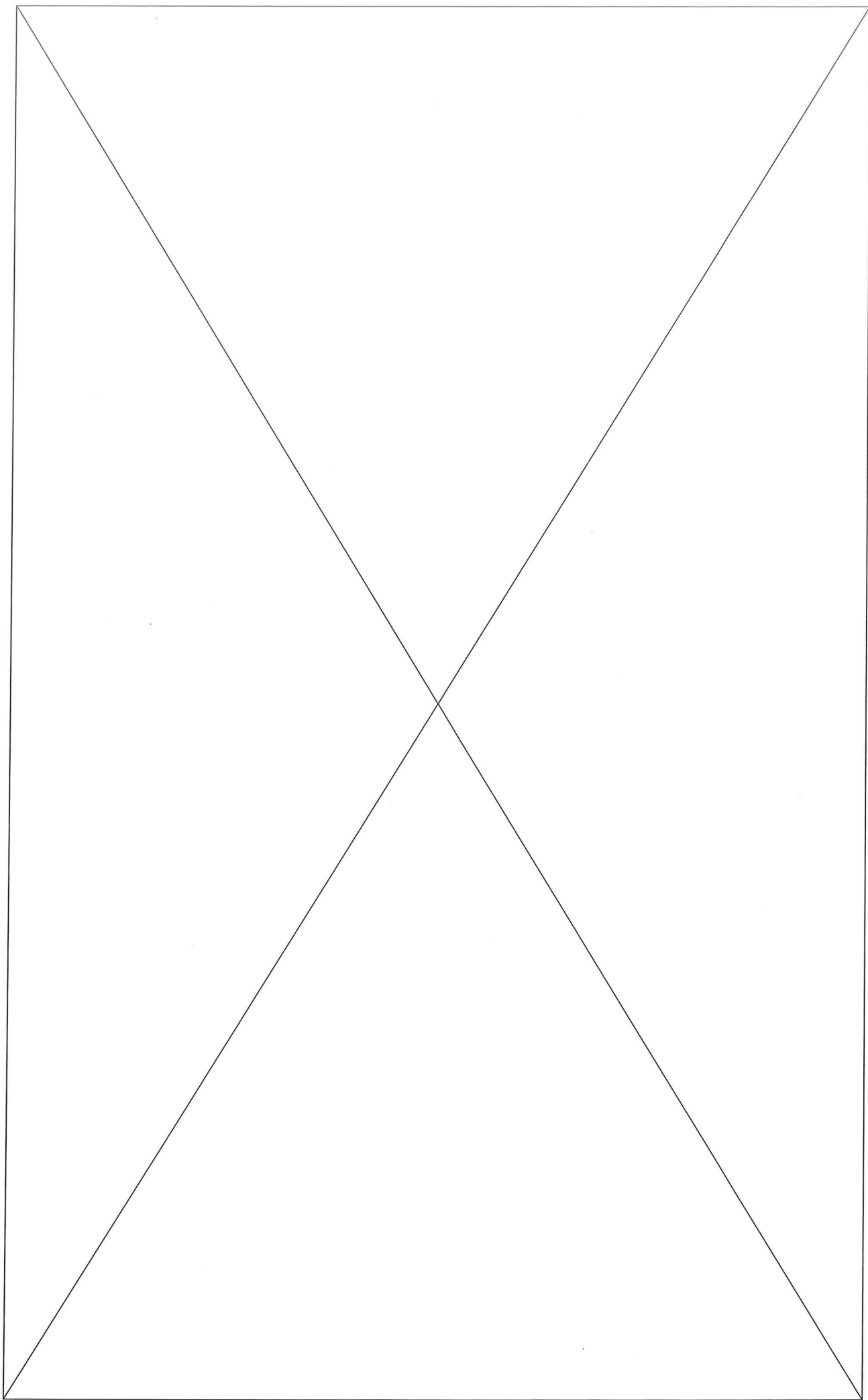
Олимпиада школьников "Покори Воробьевы горы"  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

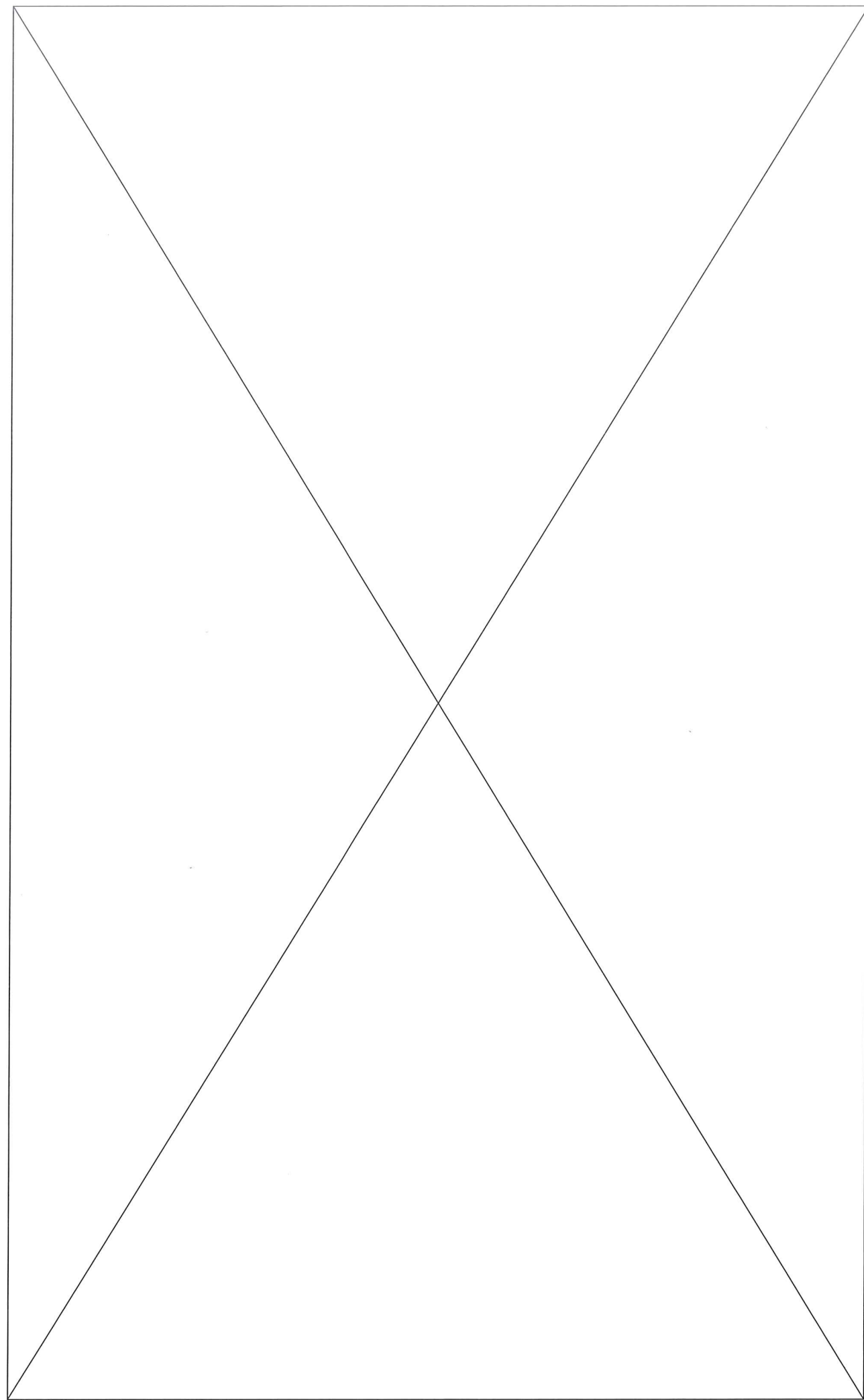
Хусанова Мейрата Ишгаровна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«3» 09 2026 года

Подпись участника  
[Подпись]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

$$\begin{array}{r} 5,5 \\ \times 5,5 \\ \hline 275 \\ 2750 \\ \hline 3025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,6 \\ \times 5,6 \\ \hline 336 \\ 3360 \\ \hline 3136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25,6 \\ \times 704 \\ \hline 25600 \\ 26624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75,7 \\ \times 5,6 \\ \hline 342 \\ 4850 \\ \hline 8792 \\ - 62,8 \\ \hline 25,12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75,70 \mid 75,7 \\ 750 \quad 0,628 \\ \hline 70 \\ 50 \\ \hline 700 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 74 \\ \times 74 \\ \hline 56 \\ 740 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,628 \\ \times 4 \\ \hline 2512 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \times 28 \\ \hline 224 \\ 560 \end{array}$$

$$8,8 \cdot 72,9 \cdot 70^{12} \cdot 70^x$$

$$8 \cdot 80 \cdot 70 \cdot 8$$

$$484$$

$$\sqrt{1 - (0,96)^2} = \sqrt{\frac{(100 - 96) \cdot 96}{100^2}}$$

$$2 \cdot \frac{\sqrt{796}}{100} = \frac{2,8}{100} = 0,028$$

28

$$\begin{array}{r} 96 \\ \times 96 \\ \hline 576 \\ 8640 \\ \hline 9216 \end{array}$$

*[Handwritten signature]*

69-20-17-98  
(139,2)

ЧИСТОРИК  
Задача 2

Вопрос

~~На поверхность мыльной пленки создается~~

~~давление  $\sigma \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) = \frac{2\sigma}{R}$ , а так как~~

~~внутри пузыря также находится воздух~~

по формуле Лапласовского давление разности давлений создаваемая средой равна  $\sigma \cdot \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right)$

$= \frac{2\sigma}{R}$ , а так как <sup>как</sup> у мыльного пузыря две поверхности

(внутри и снаружи), а также их разности

внешней и внутренней поверхности можно считать

равными потому что пленка тонкая, значит

разность давлений внутри и снаружи пузыря

равна  $\Delta p = 2 \cdot \frac{2\sigma}{R} = \frac{4\sigma}{R}$ , причем внутри да-

вление больше

Ответ:  $\Delta p = \frac{4\sigma}{R}$ , причем внутреннее давление

больше внешнего

Задача

При выдувании пузыря пленка не растягивается,

значит не совершается работа и затрачивается

т.н. пузырь выдувают незаметно, значит про-

цесс происходит с воздухом и газоматери-

алый и можно пользоваться законом Менделее-

1	20	45
2	5	15
3	5	15
4	5	15
5	5	15
6	5	15
7	5	15
8	5	15
9	5	15

69 (шестьдесят девять)

сва катетрота

ЧИСТОВИК

Температура воздуха постоянна, значит происходит изотермический процесс

Пусть за то же как покатить в воздух один воздух был  $V_0$ , давление  $p_0$ , тогда

$$p_0 V_0 = pV, \text{ где } pV - \text{ состояние газа}$$

тогда посчитаем работу совершенную газом при изменении давления на  $\Delta p$

$$\delta A = p dV = \frac{p_0 V_0}{V} dV = p \cdot d\left(\frac{p_0 V_0}{p}\right) =$$

$$A = \int_{p_0}^{p_0 + \Delta p} \frac{p_0 V_0}{V} dV = - \frac{p_0 V_0}{p} \Big|_{p_0}^{p_0 + \Delta p} =$$

$$- p_0 V_0 \frac{dp}{p} \Rightarrow A = - \int_{p_0}^{p_0 + \Delta p} p_0 V_0 \frac{dp}{p} = - p_0 V_0 \ln \left| \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right| =$$

$$- p_0 V_0 \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

Работа же совершенная при надувании имеет обратный знак

$$A_{наз} = -A = p_0 V_0 \ln \left( 1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

По формуле Лапласовского давления

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{R} \text{ подставим в выражение}$$

$$A_{наз} = p_0 V_0 \ln \left( 1 + \frac{4\sigma}{p_0 R} \right)$$

ЧЕРНОВИК

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \\ 160 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\frac{\mu_0 I d e}{4\pi r^2}$$

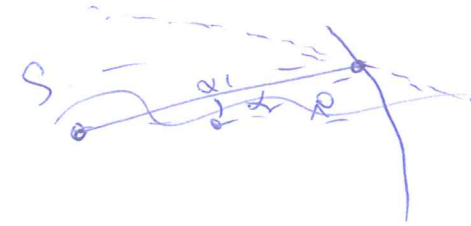
225

$$9 \cdot 10^3 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$P_{эм} = I \mu_0$$

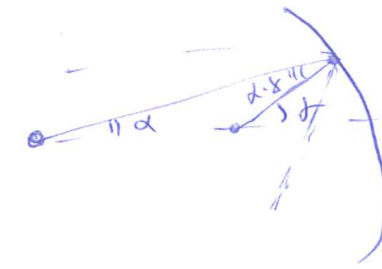
$$\sqrt{247,2} \quad 5,5$$

$$\delta - 2\alpha = \beta$$



$$\frac{h}{R} - 2 \frac{h}{a} = \frac{h}{f} \quad \begin{array}{r} \times 5,8 \\ 5,8 \\ \hline 464 \\ 2900 \\ \hline 3364 \end{array}$$

$$2\delta - \alpha = \beta$$



$$10 \sqrt{3}$$

$$17,7 = - \frac{1}{2} \frac{3}{4} \frac{50}{0,25}$$

$$\frac{c}{v} = \frac{340}{p \cdot 10^3} \quad \begin{array}{r} \times 75,5 \\ 75,5 \\ \hline 215 \\ 44500 \\ \hline 240,25 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 5,5 \\ 5,5 \\ \hline 15,5 \end{array}$$

$$42,5 \cdot 28 \text{ мм}$$

$$17,7 \cdot 4$$

$$\begin{array}{r} 17700 \quad | \quad 42,5 \\ \hline 2700 \quad | \quad 4 \end{array}$$

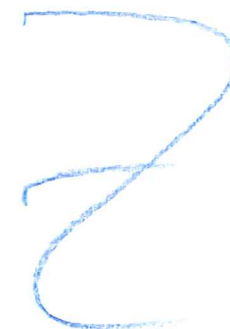
$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = \frac{1 \cdot 10^{-9}}{36\pi}$$

$$\epsilon_0 \cdot \mu_0 = \frac{10^{-9}}{36 \cdot 36\pi} = \frac{1}{3896\pi}$$

$$3 \cdot 10^8$$

$$9 \cdot 10^{16}$$

$$f, p \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{-70} =$$



$$\begin{array}{r} \times 3,141 \\ 81 \\ \hline 2572 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 15,8 \\ 75,8 \\ \hline 7264 \\ 19000 \\ \hline 758000 \\ 24964 \end{array}$$

Продолжение задачи 3

$$\frac{q}{m} = \frac{2R}{\rho_0 Q} \cdot \frac{\sqrt{h(2R-h)}}{2(\sqrt{R(2R-h)} - \sqrt{R})} \approx$$

$$\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{4 \cdot 10^{-4} \cdot 2414} \cdot \frac{75,7}{2(15,7 \cdot 5,6 - 62,8)} \frac{\text{мк}}{\text{кг}} =$$

$$\frac{0,4}{4 \cdot 10^{-4} \cdot 2414} \cdot \frac{0,628}{2} \frac{\text{мк}}{\text{кг}} =$$

$$\frac{10^6 \frac{\text{мк}}{\text{кг}}}{4 \cdot 4 \cdot 2} \approx \frac{1}{8} \cdot 10^6 \frac{\text{мк}}{\text{кг}} =$$

$$125 \frac{\text{мк}}{\text{кг}}$$

Ответ:  $\frac{q}{m} = 125 \frac{\text{мк}}{\text{кг}}$

ЧИСТОВИК

69-20-17-98  
(139,2)

ЧИСТОВИК

объём пузырька равен  $V_n = \frac{4}{3} \pi R^3$   
подставим в уравнение изотермического процесса

$p_0 V_0 = (p_0 + \Delta p) V_n$ , подставим в формулу работы

$$A_{\text{маг}} = p_0 V_0 \ln \left( 1 + \frac{4\sigma}{\rho_0 R} \right) = (p_0 + \Delta p) \frac{4}{3} \pi R^3 \ln \left( 1 + \frac{4\sigma}{\rho_0 R} \right)$$

$$= 10^5 \text{ Па} \left( p_0 + \frac{4\sigma}{R} \right) \frac{4}{3} \pi R^3 \ln \left( 1 + \frac{4\sigma}{\rho_0 R} \right) =$$

$$\left( 10^5 + \frac{4 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} \right) \text{ Па} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 4^3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \ln \left( 1 + \frac{4 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 705} \right) =$$

$$(10^5 + 4) \cdot \frac{4^4}{3} \pi \cdot 10^{-6} \text{ Дж} \ln (1 + 4 \cdot 10^{-5}) =$$

$$(10^5 + 4) \cdot \frac{256}{3} \pi \cdot \ln(1 + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot 10^{-6} \text{ Дж} =$$

$$\frac{25,6}{3} \pi \cdot \ln(1 + 4 \cdot 10^{-5}) \text{ Дж} \approx$$

$$25,6 \cdot 1,04 \ln(1 + 4 \cdot 10^{-5}) \text{ Дж} = 26,6 \ln$$

$$26,6 \ln(1 + 4 \cdot 10^{-5}) \text{ Дж}$$

Ответ  $A_{\text{маг}} = 26,6 \ln(1 + 4 \cdot 10^{-5}) \text{ Дж}$

Задача 3

ЧИСТОВИК

Вопрос

по закону Био Савара Лапласа <sup>интегрируя</sup> магнитного поля создаваемое элементом тока равно

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl \sin \alpha}{r^2}$$

где  $I$  - ток  
 $dl$  - длина элемента тока

Значит касательный маленький  $dl$ -элемент между  $d$  и  $r$   
Отрезок кольца создает  $r$ -расстояние до точки поля

в центре поле  $dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl}{a^2}$  и оно направлено

вдоль стороны перпендикулярно плоскости кольца, значит нужно лишь проинтегрировать  $dB$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a^2} \int dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi \cdot a^2} \cdot 2\pi a =$$

$$\frac{\mu_0 I}{2a}$$

поле внутри кольца с током  $I$

Ответ:  $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$



Задача

~~м.к. ток проходит вправо будет считать~~

~~его поток~~

~~поле в центре магнитное поле в центре кольца~~

равно  $B = \mu_0 \frac{I}{2R}$

Наибольшее действие сила Лоренца, значит по II зак. Ньютона

$$ma = qVB = qV \mu_0 \frac{I}{2R}$$

звук отразившийся от стенки итердозирует  
созвучие промежуток на длину от  $S$  к  $S'$   
тогда из-за ~~50 м~~ двойного расстояния  
от стенки ~~от  $SO$~~   $SO S$ , разность хода  $\lambda$  будет  
равна  $OS' = 17$  м

длина волны звука равна  $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{340}{8 \cdot 10^3} =$

$$17 \cdot \frac{10}{4} \cdot 10^{-3} \text{ м} = 17 \cdot 2,5 \text{ мм}$$

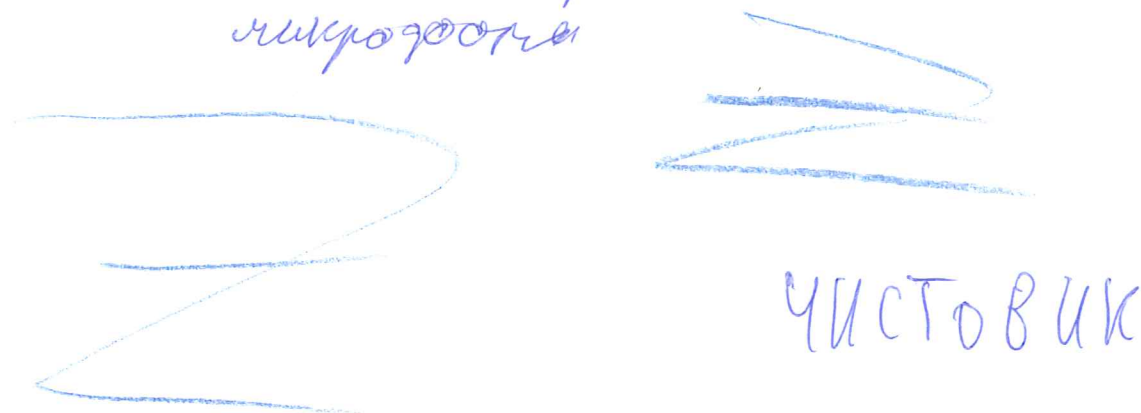
$$\frac{OS'}{\lambda} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{1000}{2,5} = \frac{1000}{5} = 400 - \text{целое число}$$

значит в точке  $S'$  - интерференция  
максимум, а значит там будет макс.  
амплитуда звука, а значит и  
микрофон

$OS' = 17$  м

Примечание. максимальный угол между осью  
симметрии стенки и ~~и~~ радиусом и точке  
названия равен  $\frac{1,5}{R} = \frac{1}{20}$  радиан значит  
всегда выполняются условия малости углов

Ответ:  $OS' = 17$  м - расстояние от  $O$  до  
микрофона



ЧИСТОВИК





Вычислим по формуле третий момент

сила трения равна  $\frac{1}{3} \cdot \frac{5}{8} \cdot 1,24 = |F_{тр}|$

катюшка движется по горизонтальной поверхности, значит силы по вертикали уравновешены  $\Rightarrow$

$$Mg = N + F \Rightarrow N = Mg - F = \frac{3}{8} Mg$$

сила реакции опоры

на катюшку действует сила трения покоя, значит

$$|F_{тр}| \leq \mu N \Rightarrow \mu \geq \frac{|F_{тр}|}{N} = \frac{\frac{1,24 \cdot 5}{3 \cdot 8} Mg}{\frac{3}{8} Mg} = \frac{6,2}{9}$$

то есть  $\mu \geq \frac{31}{45}$ , или  $\mu \leq 1$ , значит

$$\mu \in \left[ \frac{31}{45}; 1 \right]$$

Ответ: с ускорением  $\frac{g}{12}$  влево,

$$\mu \in \left( \frac{31}{45}; 1 \right]$$

ЧИСТОВИК

69-20-17-98 (139,2)

Задача 1

ЧИСТОВИК

Вопрос

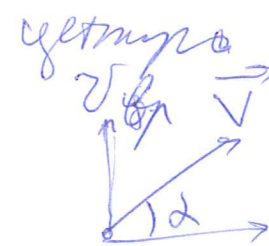
ВСО четыре диска точка движется по окружности вокруг центра, ~~туда~~ и к. раздвигает горизонтально, то скорость вращения направлена вверх

При пересозе ВСО земли мы добавили к скорости точки скорость центра направленную горизонтально

$$V_y = \omega R \quad V_{вр} = \frac{\omega R}{2} = \frac{V_y}{2}$$

$\omega$  - угловая скорость вращения диска

и к. от не проскальзывает  $V_y = \omega R$  - скорость центра,  $V_{вр}$  - скорость вращательной точки вокруг центра



$$V = \frac{V_{вр}}{\sin \alpha} = \frac{V_y}{2 \cdot 0,86}$$

$$1,92 V = V_y$$

Ответ

$V$ ,  $V_{вр}$  и  $V_y$  образуют прямоугольный треугольник с гипотенуз  $V_{вр}$ , значит

$$V = \frac{V_{вр}}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{V_y}{2 \sin \alpha} \Rightarrow V_y = V \cdot 2 \sin \alpha =$$

получается что  $V_y > V$ , что не может быть, значит такой случай невозможен

ЧИСТОВИК

Задача

Расчитать момент инерции камушка

$I = 2I_{кр}$ , где  $I_{кр}$  - момент инерции крышечки

момент инерции центра  $\frac{mR^2}{2} = I_{кр} = \frac{mR^2}{4}$

$$I = \frac{mR^2}{2}$$



Пусть  $\omega$  - угловая скорость вращения

Путь перемещения точки все точки камушка на протяжении пути звинутая вглубь все с одной скоростью

На камушке действует сила трения  $F$  по часовой стрелке звинутая твердого тела

$m \cdot \epsilon = I \epsilon = F R + F_{тр} R$ , если  $F_{тр}$  направлена вправо  $\epsilon$  - угловое ускорение в направлении против часовой по II закону Ньютона

$F \cos \alpha = M a_x$  - где  $a_x$  - ускорение камушка по горизонтали  $M a_x = F \cos \alpha + F_{тр}$

т.к. камушка не проскальзывает, то скорость ее центра  $v_y = \omega \cdot R \Rightarrow$

$\epsilon R = -\epsilon R = a_x$ , т.к. она ускоряется только по горизонтали  $\Rightarrow$

- $\epsilon$ , т.к.  $\epsilon > 0$  при ускорении против часовой
- $\omega$ , т.к.  $\omega > 0$  при вращении против часовой

$$-\epsilon R = -\frac{F \cdot R^2}{J} + \frac{F_{тр} R^2}{J} = \frac{F_{тр} R}{M} + \frac{F \cos \alpha}{M} = a_x$$

$$-F \cdot 0,48$$

$$-\frac{2 F R^2}{M R^2} - \frac{2 F_{тр} R^2}{M R^2} = -\frac{2 F R}{M} - \frac{2 F_{тр}}{M} = \frac{F_{тр} R}{M} + \frac{F \cos \alpha}{M}$$

$$3 \frac{F_{тр}}{M} = -\frac{2 F R}{M} - \frac{F \cos \alpha}{M}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{36^2}{100^2}} = \frac{\sqrt{100^2 - 36^2}}{100}$$

$$\frac{\sqrt{4 \cdot 736}}{100} = \frac{28}{100} = 0,28$$



$$3 F_{тр} = -\frac{2}{3} F \cdot 0,48 - \frac{1}{3} F \cdot 0,28 =$$

$-\frac{F \cdot 1,24}{3}$ , момент  $F_{тр}$  - направлен вправо т.к.  $F_{тр} < 0$   
расчитаем ускорение  $a_x$

$$a_x = \frac{F \cos \alpha}{M} + \frac{F_{тр}}{M} = \frac{F \cdot 0,28 \cdot 0,84 - 1,24}{3M} =$$

$$-\frac{F \cdot 0,4}{3M} = -\frac{2 F}{15 M} = -\frac{2}{15} \cdot \frac{1}{8} g = -\frac{1}{12} g$$

момент камушка падает звинутая вглубь с ускорением  $\frac{g}{12}$

ЧИСТОВИК