



сдан в 16.15  
Андрей

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант \_\_\_\_\_ 6 \_\_\_\_\_

Место проведения \_\_\_\_\_ Москва \_\_\_\_\_  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

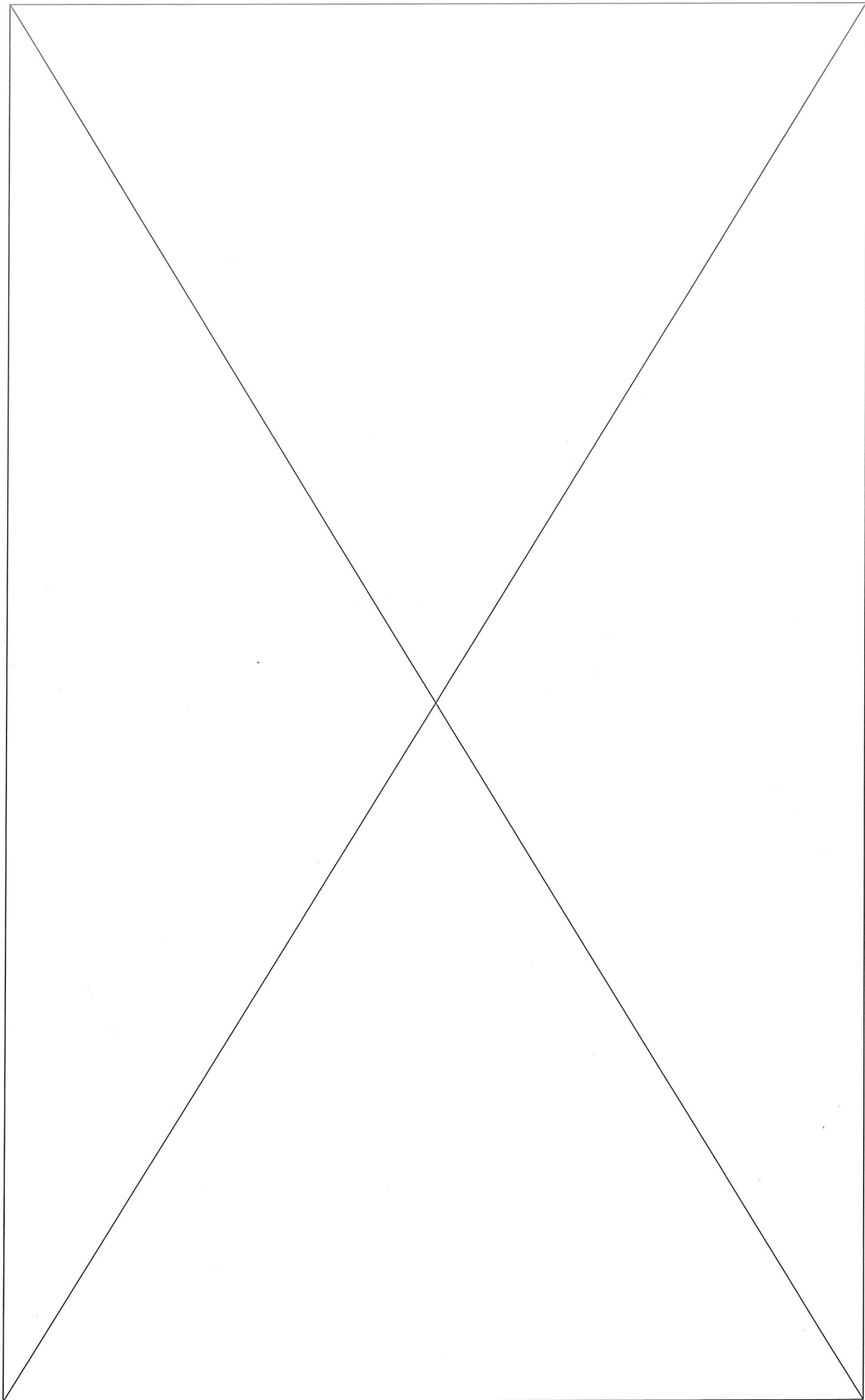
Олимпиада школьников \_\_\_\_\_ "Покори Воробьевы горы"  
наименование олимпиады

по \_\_\_\_\_ физике \_\_\_\_\_  
профиль олимпиады

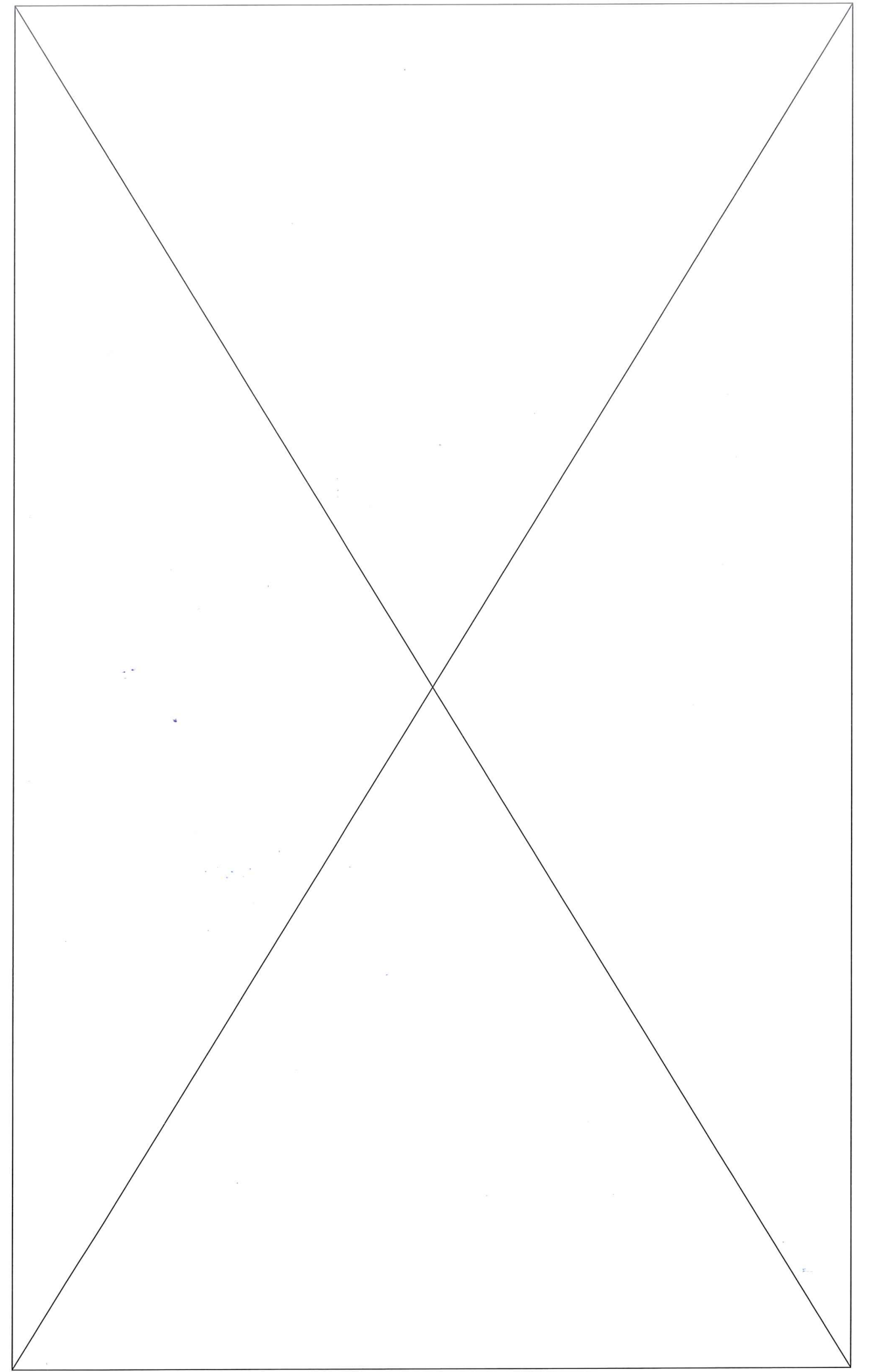
\_\_\_\_\_ Давыдова Андрей Ивановича \_\_\_\_\_  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
« 3 » апреля 2026 года

Подпись участника  
\_\_\_\_\_ Давыдов



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$PV = \nu RT$  (const)

$\int p(v)dv = \int p$

$P = P_0 + \frac{4\delta}{r}$

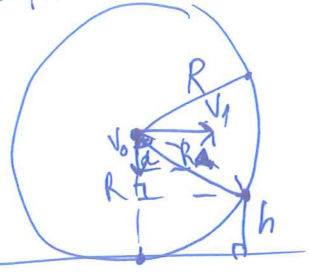
$dV = 4\pi r^2 dr$

$\frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} = \Delta \vec{B}$

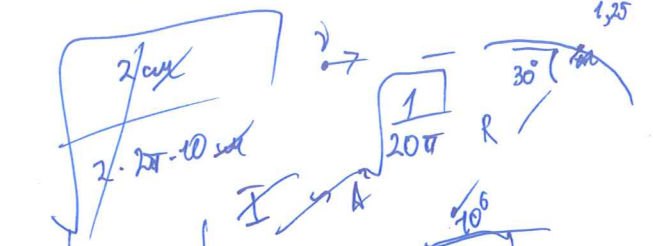
$F_n = q[V_{n0}] B$

$R+h = \sqrt{2grh} + \frac{g t^2}{2} - R+h = 0$

$\frac{8}{100}$

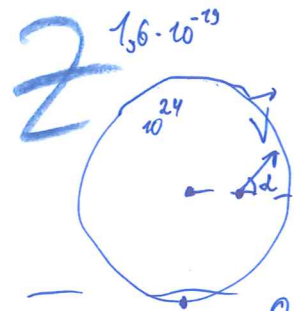


$2\sqrt{2} \sin \alpha = \frac{R-h}{R}$   
 $\frac{\sqrt{2}}{5} = 1 - \frac{h}{R}$   
 $\frac{h}{R} = 1 - \frac{\sqrt{2}}{5} = \frac{5 - \sqrt{2}}{5}$



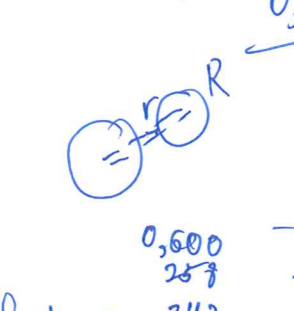
$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$

$\mu_0 \epsilon_0 = \left(\frac{1}{C}\right)^2 = \frac{C^2}{m^2}$



$\epsilon_0 = \frac{\Phi}{U} = \frac{q \mu H}{H \mu H^2}$

$\frac{q^2}{\epsilon_0 r^2} = \frac{m \mu (C^2 H)}{H \mu^2}$



$H = \frac{m \mu (C^2 H)}{H \mu^2}$

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$

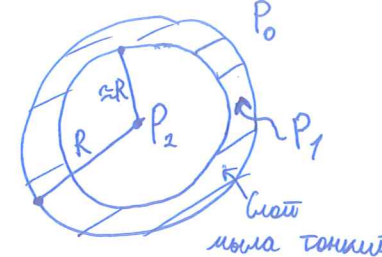
$R-h = k$   
 $D = V_0 - 2xg = 2g$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{\sqrt{2Rh}}{f \sqrt{2Rh}} = \frac{\sqrt{h}}{f} \cdot \frac{1}{\sqrt{2Rh}}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{\sqrt{h}}{f} \cdot \frac{1}{\sqrt{2Rh}}$

88-04-26-85 (139.4)

√2 Ответ на вопрос: Давление атмосферы  $\Delta P = \frac{2\delta}{R}$  на каждой из двух граней мыла-воздуха.



$P_1 = P_0 + \Delta P \Rightarrow P_2 - P_0 = 2\Delta P = \frac{4\delta}{R}$   
 $P_2 = P_1 + \Delta P$

Решение задачи: Давление в пузырьке  $P(r) = P_A + \frac{4\delta}{r}$ , r - радиус пузырька

Работа при надувании:  $A = \int_0^{V_p} P(V) dV$ ,  $dV = 4\pi r^2 dr$

$A = \int_0^{R_p} \left(P_A + \frac{4\delta}{r}\right) \cdot 4\pi r^2 dr = 4\pi \int_0^{R_p} P_A r^2 dr + 16\pi \int_0^{R_p} \delta r dr =$

$= 4\pi P_A \frac{R^3}{3} + 16\pi \delta \frac{R^2}{2} = \frac{4}{3}\pi R^3 P_A + 8\pi \delta R^2$

$A = 4\pi R^2 \left(\frac{R P_A}{3} + 2\delta\right) = 4\pi \cdot 4^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \left(\frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 10^5 \text{ Па}}{3} + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Н}}{\text{м}}\right) =$

$64\pi \cdot \frac{4}{30} \Delta \text{ м} + 64\pi \cdot 8 \cdot 10^{-6} \Delta \text{ м}$

$A = \left(\frac{256}{30}\pi + \frac{512\pi}{10^6}\right) \Delta \text{ м}$

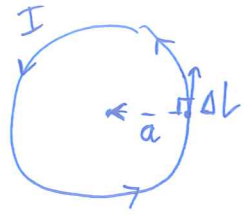
$\Rightarrow A \approx \left(\frac{800}{30} + \frac{1600}{10^3 \cdot 10^3}\right) \Delta \text{ м} = \left(\frac{80}{3} + \frac{1,6}{10^3}\right) \Delta \text{ м}$

Ответ:  $A = 4\pi R^2 \left(\frac{P_A R}{3} + 2\delta\right) \approx 26,6682 \Delta \text{ м}$

50 (139.4)

№3 Ответ на вопрос: по 3-му Био-Савара-Лапласа

Числовик



$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \Delta l}{a^2} \quad \text{— маг. индукция в центре от участка } \Delta l$$

$$B = \sum \Delta B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a^2} \sum \Delta l = \frac{\mu_0 I \cdot 2\pi a}{4\pi a^2}$$

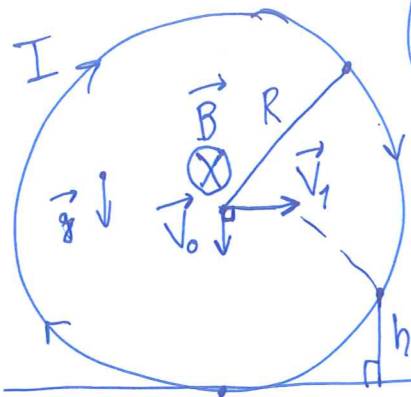
~~$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$~~

Ответ:  $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$   $\oplus$



Решение задачи: 1. Скорость пылинки в центре кольца  $V_0 = \sqrt{2gR}$   $\oplus$

$$\left( \frac{mV_0^2}{2} = mgR \right) \quad 2. \text{ В течение } \tau = 3 \text{ мс}$$



через кольцо течёт ток  $I = \frac{Q}{\tau}$  и создавал в центре маг. индукцию

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad \vec{B} \perp \vec{V}_0$$

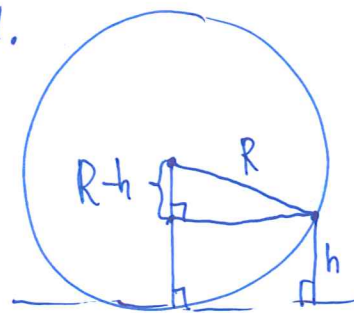
3. На пылинку действовала сила Лоренца  $\vec{F}_1 = q[\vec{V}_0 \times \vec{B}]$   $\oplus$

т.к.  $\tau$  мало, то  $\vec{F}_1 \approx \text{const}$ , и  $\vec{F}_1$  сообщила пылинке импульс  $m\vec{V}_1 \approx \vec{F}_1 \tau + (m, q - \text{масса и заряд пылинки})$

$$\vec{V}_1 \perp \vec{V}_0 \quad mV_1 = qV_0 B \tau = qV_0 \frac{\mu_0 Q}{2R\tau}$$

$$mV_1 = V_0 \mu_0 \frac{qQ}{2R} \quad \frac{q}{m} = \frac{2RV_1}{Q\mu_0 V_0}$$

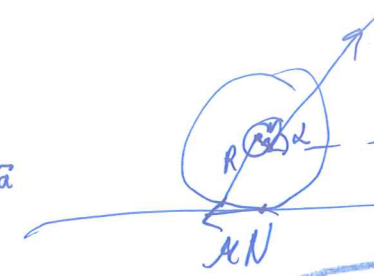
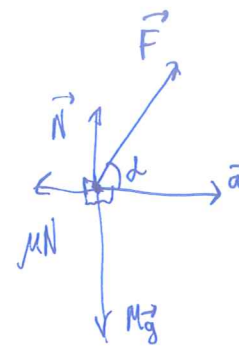
4. Перемещение пылинки по хорде:  $V_1 t = \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$   $\oplus$



По вертикали:  $R-h = V_0 t + \frac{gt^2}{2}$   $\oplus$   
 $V_1 t = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rh - h^2} \approx \sqrt{2Rh}$ , т.к.  $h \ll R$

$t$  — время до падения пылинки от центра

Черновик

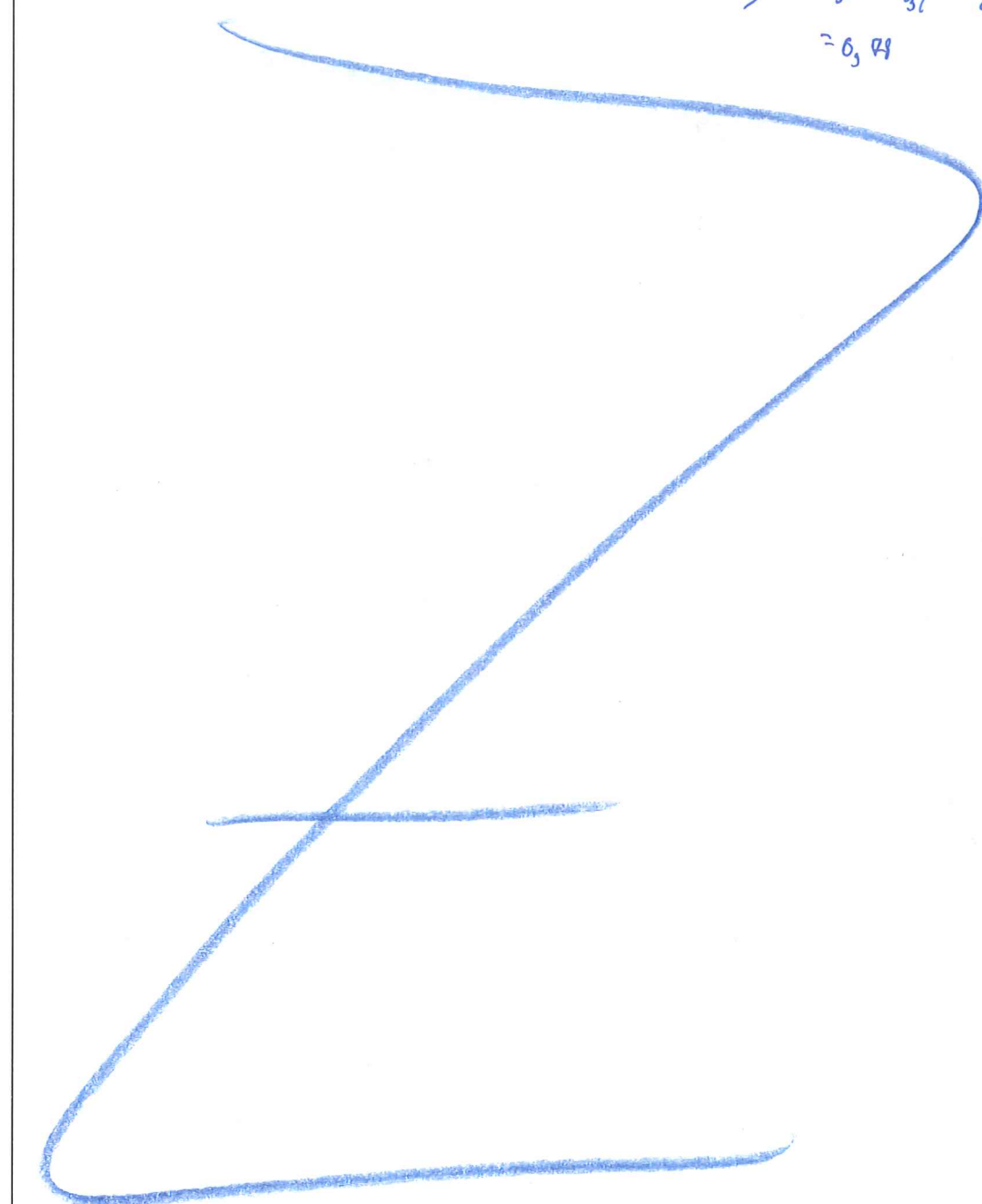


$$\begin{array}{r} 512 \\ \times 314 \\ \hline 2048 \\ + 5120 \\ \hline 160768 \end{array}$$

1600

$$0,6 \mu - 0,5 \mu = 0,1 \mu - \frac{5}{1} \cdot \frac{0,293}{5}$$

$$\begin{array}{r} 1,414 \\ \times 8 \\ \hline 11,312 \\ + 1,414 \\ \hline 12,726 \end{array}$$





88-04-26-85  
(139.4)

$\sqrt{3}$  (Продол.)  $\frac{g}{2}t^2 + V_0t - (R-h) = 0$  Числовик

$D = V_0^2 + 4 \cdot \frac{g}{2}(R-h) = 2gR + 2gR - 2gh = 2g(R+h) - 2gh$

$D = 2V_0^2 - 2gh$

$t = \frac{-V_0 \pm \sqrt{D}}{g}$

$t = \frac{\sqrt{2V_0^2 - 2gh} - V_0}{g}$

5.  $\frac{V_1}{V_0} = \frac{\sqrt{2Rh}}{t \cdot \sqrt{2gR}} = \sqrt{\frac{h}{g}} \cdot \frac{1}{t} = \frac{\sqrt{h} \cdot g}{\sqrt{g} (\sqrt{2V_0^2 - 2gh} - V_0)}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{\sqrt{gh}}{\sqrt{2 \cdot 2gR - 2gh} - \sqrt{2gR}} = \frac{1}{\sqrt{4 \frac{R}{h} - 2} - \sqrt{2 \frac{R}{h}}}$

т.к.  $\frac{R}{h} \gg 1$ , то  $\frac{V_1}{V_0} \approx \frac{1}{\sqrt{4 \frac{R}{h}} - \sqrt{2 \frac{R}{h}}}$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{1}{\sqrt{2} - 1} \cdot \sqrt{\frac{h}{2R}}$

6.  $M_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{кв}}$

$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 0,1 \text{ м} \cdot \text{кв}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot 2,44 \cdot 10^{-5} \text{ кв}} \cdot \frac{V_1}{V_0}$   $R \approx 2\pi \cdot 10 \text{ см}$   
 $Q \approx (\sqrt{2} + 1) \cdot \text{кв}$

$\frac{q}{m} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 0,1 \text{ м} \cdot \text{кв}}{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot \text{м} \cdot (1 + \sqrt{2}) \text{ кв}} \cdot \frac{V_1}{V_0} = \frac{V_1}{V_0} \cdot 10^6 \frac{\text{кв}}{\text{м}}$

$\frac{q}{m} = \sqrt{\frac{h}{2R}} \frac{10^6 \text{ кв/м}}{(1 + \sqrt{2})(\sqrt{2} - 1)} = \sqrt{\frac{h}{2R}} \cdot 10^6 \frac{\text{кв}}{\text{м}}$

$\frac{q}{m} = \frac{2 \text{ см}}{2\pi \cdot 10 \text{ см}} \cdot 10^6 \frac{\text{кв}}{\text{м}} = \frac{10^6}{\sqrt{20\pi}} \frac{\text{кв}}{\text{м}} \approx \frac{10^6}{63} \frac{\text{кв}}{\text{м}} \approx \frac{10^6}{8} \frac{\text{кв}}{\text{м}} = 1,25 \cdot 10^5 \frac{\text{кв}}{\text{м}}$

Ответ

+ ds exp. чона

П4 Ответ на вопрос: при длине волны  $\lambda \ll$  размеров объектов, с которыми эта волна взаимодействует. В этом случае можно будет пренебречь дифракцией.

Чистовик



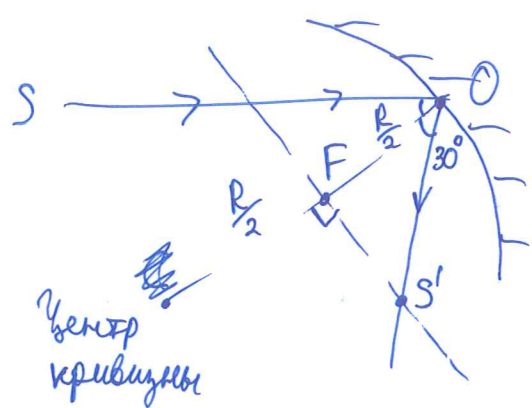
Решение задачи: 1. длина звуковой волны  $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{340 \text{ м/с}}{8 \cdot 10^3 \text{ Гц}} \approx 0,04 \text{ м}$

$\lambda \ll$  размеров стены (1,5 м)  $\Rightarrow$  можно использовать приближение геом. оптики.

2. Т.к. источник очень далеко, можно пренебречь ослаблением интенсивности звук. волны с пройденным ею расстоянием.



3. Рассмотрим стену как сфер. зеркало:



Лучи, прошедшие от S, собираются (с точностью до сфер. аберрации) в точке S' в фокальной M-ти зеркала:

M-ти зеркала:

$$FS' \perp FO, |FO| = \frac{R}{2}$$

по св-ву сфер. зеркала

$$\text{Тогда исконое } |OS'| = \frac{R}{2 \cos 30^\circ} = \frac{15 \text{ м} \cdot 2}{\sqrt{3}} = \frac{30}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

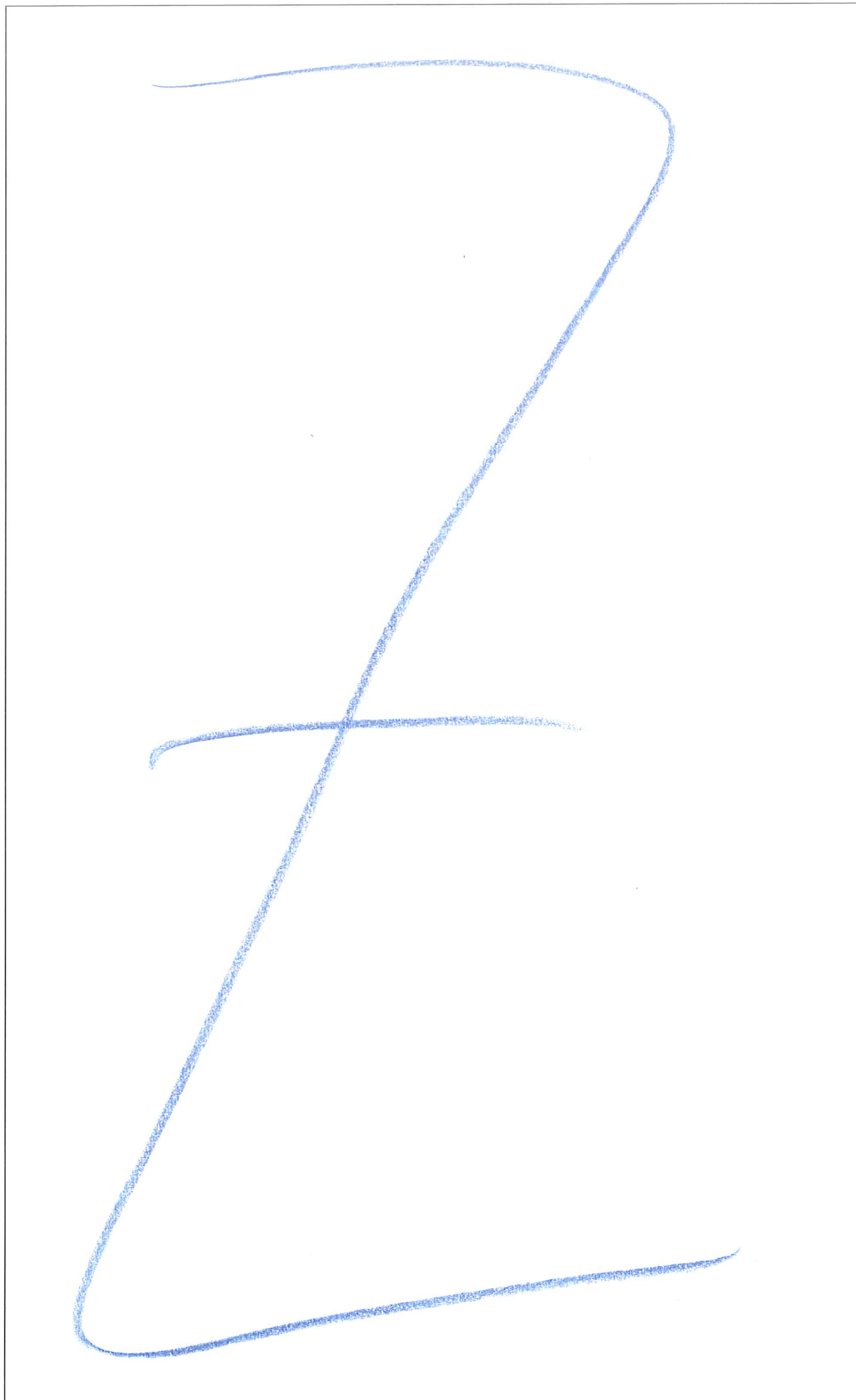
$$|OS'| = 10\sqrt{3} \text{ м} \approx 17 \text{ м}$$

4. Т.к. звук. волна от S соберётся в S', в S' будет максимальная амплитуда

$\Rightarrow$  микрофон стоит в точке S'



$$\text{Ответ: } |OS'| = \frac{R}{2 \cos d} \approx 17 \text{ м}$$

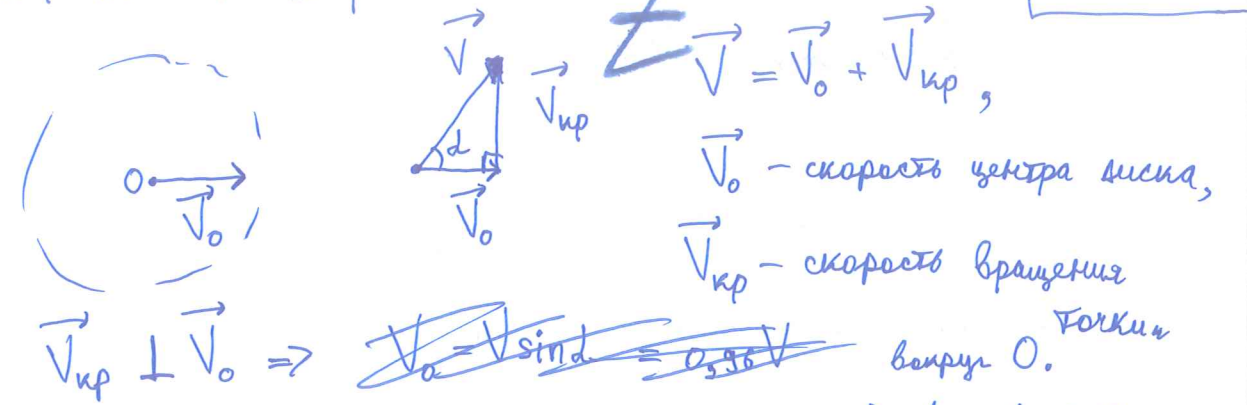




88-04-26-85  
(139.4)

Чистовик

№1 Ответ на вопрос:



$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{V}_{кр}$ ,  
 $\vec{V}_0$  - скорость центра диска,  
 $\vec{V}_{кр}$  - скорость вращения точки

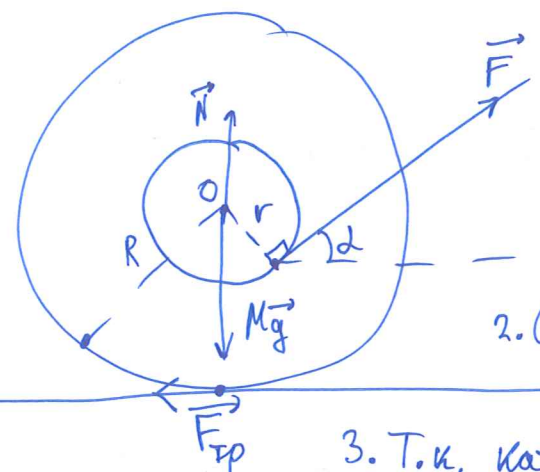
$\vec{V}_{кр} \perp \vec{V}_0 \Rightarrow \vec{V}_0 = V \sin \alpha = 0,96V$  вокруг O.  
 $\sin \alpha = 1 - 0,04 = 0,96$

$\Rightarrow V_0 = V \cos \alpha$ ,  $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$   $\cos \alpha = \sqrt{1 - 1 + 2 \cdot 0,04 - 0,04^2}$

$\cos \alpha \approx \sqrt{0,08}$ ,  $0,04 \ll 1$   $\cos \alpha \approx \frac{2\sqrt{2}}{10} = \frac{\sqrt{2}}{5}$

$\cos \alpha \approx \frac{2,828}{10} = 0,2828$  Ответ:  $V_0 = V \cos \alpha \approx 0,283V$

Решение задачи:



1. Сила реакции  $N = Mg - F \sin \alpha =$   
 $= Mg \left( 1 - \frac{5 \cdot 0,96}{8} \right) =$   
 $= Mg \left( 1 - \frac{5 \cdot 6 \cdot 10^{-2}}{100 \cdot 8} \right) = 0,4 Mg$

2. Сила трения  $F_{тр} \leq \mu N$

3. Т.к. катушка касается без проскальзывания, то она катится влево (на рисунке).

4. В проекции на гориз. ось:  $Ma = F_{тр} - F \cos \alpha$

5. Момент сил, вращающих катушку вокруг O:  $Fr - F_{тр}R =$   
 $= \dot{\omega} I$ ,  $\dot{\omega}$  - угл. ускорение,  $I = \frac{M}{2} R^2$  - момент инерции катушки

6. Катушка движ. без проск.  $\Rightarrow a = \dot{\omega} R$  - ускорение центра (пока верно).

№1 (Прод.)  $\frac{5}{8} Mg \cdot \frac{6.8}{100} R - 0.4 \mu Mg R = \omega \frac{M}{2} R^2$  Чистовик

$2(0.3 - 0.4 \mu) g = \omega R$

7.  $Ma = 0.4 \mu Mg - \frac{5}{8} \cos \alpha Mg \quad a = (0.4 \mu - \frac{5}{8} \cos \alpha) g = \omega R$

$\Rightarrow 0.4 \mu - \frac{5}{8} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.6 - 0.8 \mu$   
 $1.2 \mu = 0.6 + 0.176$

~~$\mu = 0.776$~~   
 $\mu = \frac{0.6 + \frac{5}{8} \cos \alpha}{1.2} \quad \mu = \frac{0.776}{1.2}$

$a = (0.6 - 0.4(0.5 + \frac{5 \cos \alpha}{9.6})) g \approx (0.6 - \frac{0.776}{3}) g$

$a \approx 0.34 g$

