



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 9

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Загороднюка Владислава Витальевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

14:53

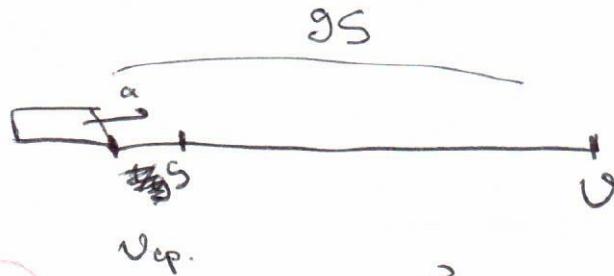
Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Черновик.

1.

 gs v_{cp}

$$\cancel{gs} = \frac{v^2}{2a}$$

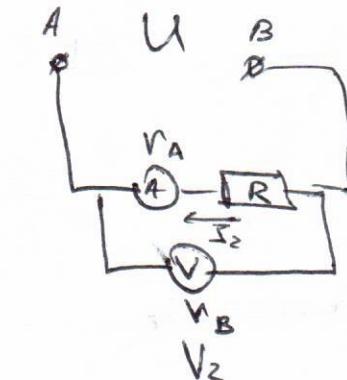
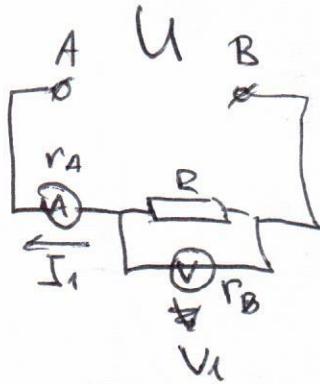
$$v_{cp} = \frac{s}{t}$$

$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$2v_{cp}^2 = as$$

$$gs = \frac{v^2 \cdot s}{2 \cdot 2v_{cp}^2} \Rightarrow v = \sqrt{36v_{cp}^2} = 6v_{cp} = 60 \text{ mm/s}$$

3.



$$R = \frac{(2U + 96) \cdot 10^{-3}}{240 \cdot 10^{-6}} = \frac{1 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^{-6}} = 0,15 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R = \frac{12 \cdot 10^{-3} + 9,6 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 12 \cdot 10^{-6}} =$$

~~$U = I_1 r_A + V_1 = I_2 r_A +$~~

~~$V_1 = I_1 \left(\frac{R r_B}{R + r_B} \right)$~~

~~$V_2 = I_2 (R + r_A)$~~

~~$U =$~~

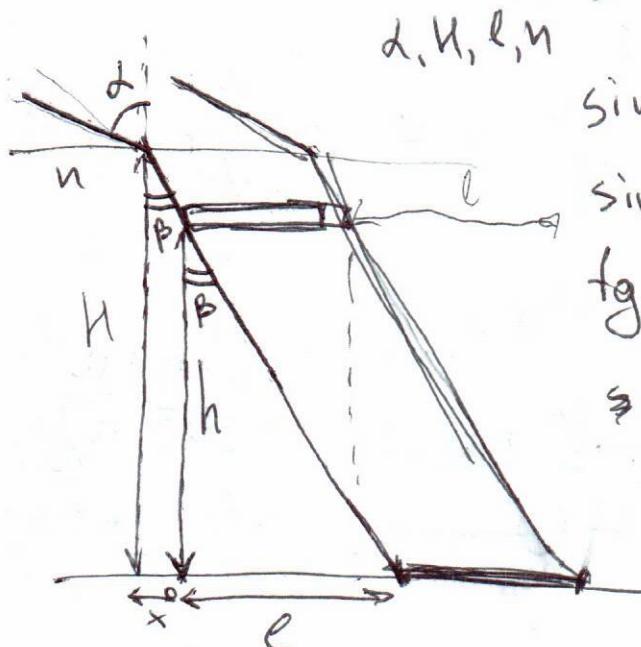
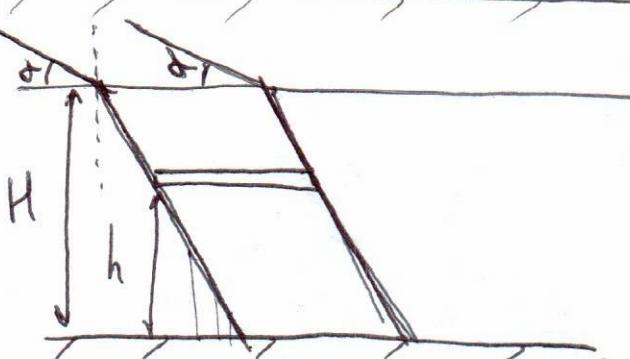
$$\begin{cases} U = I_1 r_A + V_1 \\ U = V_2 \\ U = I_2 (R + r_A) \end{cases}$$

$$r_A = \frac{V_2 - V_1}{I_1}$$

$$V_2 = I_2 \cdot \left(R + \frac{V_2 - V_1}{I_1} \right) \Rightarrow R = \frac{V_2}{I_2} - \frac{V_2 - V_1}{I_1} =$$

$$= \frac{V_2 I_1 - V_2 I_2 + V_1 I_2}{I_1 I_2} = \frac{(V_2 (I_1 - I_2) + V_1 I_2)}{I_1 I_2} = 12 \cdot (12 - 10) +$$

Черновик



$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{l+x}{\sqrt{H^2 + (l+x)^2}}$$

$$\tan \beta = \frac{h}{l}$$

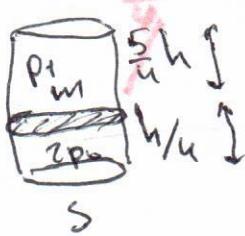
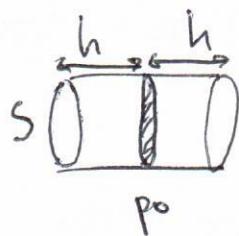
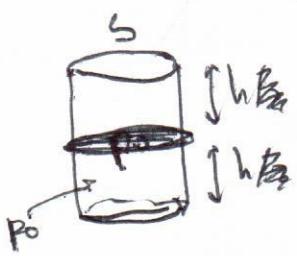
$$\Rightarrow \frac{\sin^2 \beta}{1 - \sin^2 \beta} = \frac{h}{R}$$

$$l = h \cdot \left(\frac{1}{\sin^2 \beta} - 1 \right) =$$

$$= h \left(\frac{h^2}{\sin^2 \alpha} - 1 \right) =$$

$$\begin{aligned} \sin 30^\circ &= \frac{1}{2} & \frac{1,33}{3,99} \\ &\xrightarrow{\text{1,7689 / 4}} & \frac{1,33}{3,99} \\ \frac{1,7689}{16} &\xrightarrow{\text{10,4422}} & \frac{7}{10} \cdot \frac{1}{4} \frac{1,33}{1,7689} \\ \frac{1,7689}{16} &\xrightarrow{\text{1,5189}} & \frac{7}{40} \cdot \frac{1,33}{1,7689} = 1,5189 \\ &\xrightarrow{\text{1,5189}} & \frac{7}{60,7560} \end{aligned} \Rightarrow h = \frac{l \cdot \sin^2 \alpha}{H^2 - \sin^2 \alpha} =$$

$$= \frac{0,7 \cdot (\sin 30^\circ)^2}{1,33^2 - (\sin 30^\circ)^2} =$$



$$\frac{mg}{S} + 2p_0 \cdot S \cdot \frac{h}{u} = p_0 \cdot S \cdot h$$

$$\frac{mg}{S} + \frac{p_0 Sh}{2} = p_0 Sh$$

$$\frac{mg}{S} = \frac{p_0 Sh}{2}$$

$$m = \frac{p_0 S^2 h}{2g}$$

$$m = 0,084m$$

$$\begin{cases} mg + p_1 S = 2p_0 S \\ p_1 \cdot \frac{5}{u} h \cdot S = p_0 \cdot h S \end{cases}$$

$$m = \frac{(2p_0 - p_1) S}{g}$$

$$p_1 = \frac{4p_0}{5}$$

$$m = \frac{p_0 S}{g} \left(2 - \frac{4}{5} \right)$$

$$l \sqrt{1 - \frac{1 \cdot 3}{4 \cdot 16}} = l \sqrt{\frac{64-3}{64}} =$$

$$\frac{0,35}{\sqrt{1,5389}} = \frac{l}{\sqrt{55}}$$

$$\frac{4,20}{4,00} | \frac{50}{200}$$

$$0,084$$

$$= \frac{4,20}{4,00} | \frac{50}{200}$$

$$= \frac{6 \cdot 2000 \cdot 3,5 \cdot 0,0001}{5 \cdot 10}$$

$$= \frac{4,2}{50} =$$

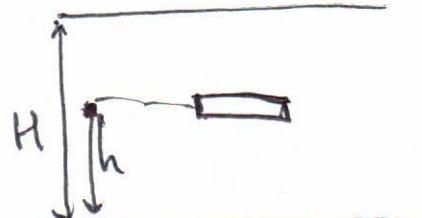
$$= \frac{0,1 \cdot 6 \cdot 3,5 \cdot 2}{50} =$$

$$= \frac{1,83}{549} =$$

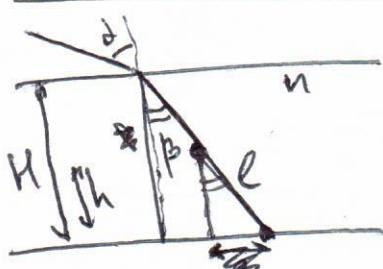
$$= \frac{1,83}{1484} =$$

$$= \frac{1,83}{15389} =$$

$$= \frac{1,83}{15389} =$$



$$\times \frac{0,83}{1,83}$$



$$\sin \alpha = u \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{u}$$

$$\frac{h^2}{l^2} = f g \beta = \frac{\sin^2 \beta}{1 - \sin^2 \beta} \quad 1 - \sin^2 \beta = \frac{h^2}{l^2}$$

$$h = l \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{u^2}} =$$

$$\cos \beta = \frac{h}{l}$$

$$h = \sqrt{l^2 \cdot \left(\frac{\sin^2 \alpha}{u^2 (1 - \frac{\sin^2 \alpha}{u^2})} \right)} =$$

$$\frac{0,7 \cdot 1}{2 \sqrt{(1,33-0,5)(1,33+0,5)}} =$$

$$= \frac{l \sin \alpha}{\sqrt{(h - \sin \alpha)(u + \sin \alpha)}} =$$

$$l \sin \alpha \sqrt{\frac{1}{u^2 - \sin^2 \alpha}} =$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$$\sin \beta = \frac{h}{l}$$

$$\cos \beta = \frac{h}{l}$$

$$\sin \beta = \frac{\cos 30}{\frac{h}{l}}$$

$$\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta}{l^2}} = \frac{h}{l}$$

$$\sqrt{l^2 - \frac{\sin^2 \beta}{l^2}} = h$$

$$\frac{6}{8} = \frac{3}{4} \cdot 70 \times \frac{70}{0,75}$$

$$h = l \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta}{l^2}} = 0,7 \cdot \sqrt{1 - \frac{1 \cdot 3^2}{4 \cdot 4^2}} =$$

$$= 0,7 \cdot \sqrt{1 - \frac{9}{64}} = \frac{0,7}{8} \sqrt{55} \frac{0,75 \cdot 70}{525} \frac{0000}{5250}$$

$$\sqrt{55} \approx 7 < \sqrt{55} < 8$$

$$\frac{7,5}{7,5} \quad \frac{7,4}{7,4}$$

$$\frac{375}{525} \quad \frac{296}{5476}$$

$$\frac{525}{5625} \quad \frac{518}{5476}$$

$$\frac{7,4}{0,7} \approx \frac{5,18}{48} \frac{18}{38} \frac{32}{60} \frac{56}{40}$$

$$\frac{7,4 \cdot 0,7}{8} \approx \frac{5,18}{48} \frac{18}{38} \frac{32}{60} \frac{56}{40}$$

$$h \approx 0,647 \text{ м} \approx 64,7 \text{ см} \approx 65 \text{ см}$$

$$\frac{420}{400} \sqrt{\frac{8}{5}} \approx 64,7 \text{ см} \approx 65 \text{ см}$$

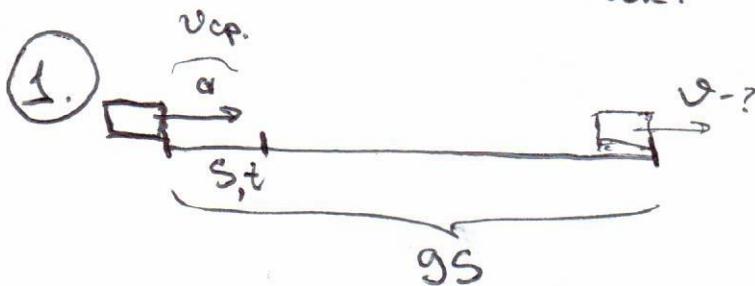
$$h = l \sqrt{1 - \frac{\cos^2 30}{l^2}} = 0,7 \cdot \sqrt{1 - \frac{3 \cdot 3^2}{4 \cdot 4^2}} =$$

$$\cos^2 30 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} = \sqrt{1 - \frac{27}{64}} =$$

$$= 70 \cdot \sqrt{\frac{37}{64}} =$$

$$= \frac{70}{8} \sqrt{37} \approx \frac{420}{8} =$$

Чистовик.



$$v_{cp} = 10 \text{ км/ч.}$$

средняя скорость на участке пути S :

$$v_{cp} = \frac{s}{t}$$

но з-му движение шеэзг:

$$s = \frac{at^2}{2}, \quad t=0$$

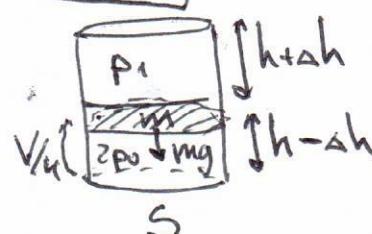
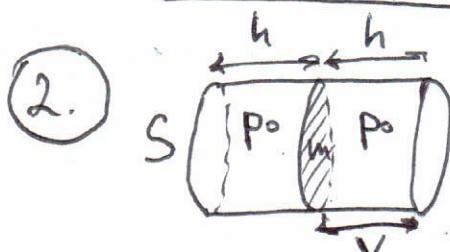
$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \Rightarrow v_{cp} = \frac{s}{\sqrt{\frac{2s}{a}}} = \sqrt{\frac{as}{2}} \Rightarrow \\ \Rightarrow as = \cancel{\frac{2s}{2}} (2v_{cp}^2)$$

но формуле пути без времени:

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a}, \quad \text{т.к. } v - \text{конечная скорость}$$

$$\text{Отсюда: } v = \sqrt{18as} = \sqrt{18 \cdot 2v_{cp}^2} = \boxed{6v_{cp}} = \\ = 6 \cdot (10 \text{ км/ч})^2 = \boxed{600 \text{ км/ч}}$$

Оконч: 600 км/ч



$$P_0 = 2 \times \pi r^2$$

$$S = 3,5 \cdot \text{см}^2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

По условию: $V = hS$

$$\frac{V}{4} = (h - \Delta h)S, \quad \text{т.к. } \Delta h - \text{меньше} \\ \text{высоты над горизонтом}$$

после горизонтального
перемещения

$$\text{Отсюда, } \Delta h = \frac{3}{4}h$$

Обозначим высоту над горизонтом за h_1 , над горизонтом за h_2 . т.к. г.:

$$h_1 = h + \Delta h = \frac{7h}{4}$$

$$h_2 = h - \Delta h = \frac{h}{4}$$

Числовик

т.к. поршень в равновесии, то $\sum \vec{F} = 0$:

$$p_1 S + mg - 2p_0 S = 0, \text{ где } p_1 - \text{давление на поршень сверху.}$$

$$\downarrow mg = S(2p_0 - p_1)$$

$$m = \frac{S}{g}(2p_0 - p_1)$$

Найдём p_1 по 3-му $pV = \text{const}$:

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 = \text{const}$$

$$p_0 \cdot h S = p_1 \cdot \frac{7}{4} h_1 S \Rightarrow p_1 = p_0 \frac{h}{\frac{7}{4} h_1} = p_0 \cdot \frac{h}{\frac{7h}{4}} =$$

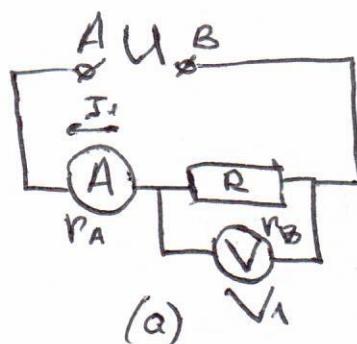
$$= \frac{4}{7} p_0$$

$$\text{Тогда: } m = \frac{S}{g} \left(2p_0 - \frac{4}{7} p_0 \right) = \frac{p_0 S}{g} \cdot \frac{10}{7} = \boxed{\frac{10}{7} \frac{p_0 S}{g}}$$

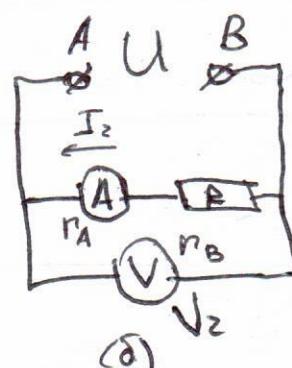
$$m = \frac{10 \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{7 \cdot 10 \text{ Н/с}^2} = \frac{1}{10} \text{ кг} = \boxed{0,1 \text{ кг}}$$

Ответ: 0,1 м

3.



(a)



$$I_1 = 12 \text{ mA}$$

$$V_1 = 9,6 \text{ В}$$

$$I_2 = 10 \text{ mA}$$

$$V_2 = 12 \text{ В}$$

$$R - ?$$

Обозначение внутренние сопротивления амперметра и вольтметра за r_A и r_B ?

Тогда, по 3-му Ома:

$$(a): U = I_1 r_A + V_1$$

$$(5) U = V_2 = I_2(R_A + R)$$

Чистовик

$(U = V_2 \text{ в обоих случаях, т.к. } U = \text{const})$
но усн.

Тогда, решая эту систему ур-ий:

$$R_A = \frac{U - V_1}{I_1} = \frac{V_2 - V_1}{I_1} +$$

$$R = \frac{V_2}{I_2} - R_A = \frac{V_2}{I_2} - \frac{V_2 - V_1}{I_1} = \frac{V_2 I_1 - V_2 I_2 + V_1 I_2}{I_1 I_2}$$

$$= \boxed{\frac{V_2(I_1 - I_2) + V_1 I_2}{I_1 I_2}}$$

~~$I_2 B \cdot (12 \cdot 10^{-3} A)$~~

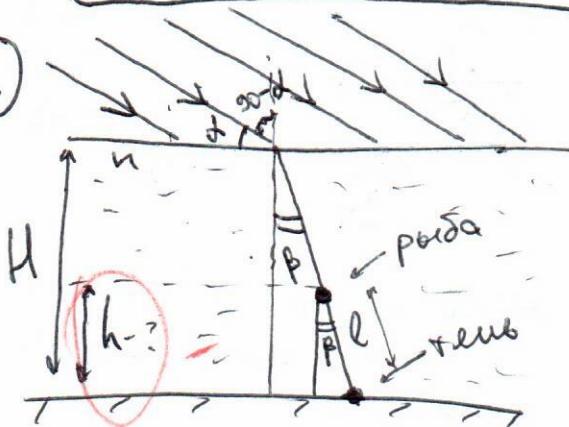
$$R = \frac{12 B \cdot (12 \cdot 10^{-3} A - 10 \cdot 10^{-3} A) + 9,6 B \cdot 10 \cdot 10^{-3} A}{12 \cdot 10^{-3} A \cdot 10 \cdot 10^{-3} A} =$$

$$= \left(\frac{120 \cdot 10^{-3}}{120 \cdot 10^{-6}} \right) \Omega_m = 1 \cdot 10^3 \Omega_m = (1 \kappa \Omega_m)$$

Ответ: $1 \kappa \Omega_m$

+ 25

4.



$$n = 1.33$$

$$H = 1.5 \text{ м}$$

$$\angle L = 30^\circ$$

$$l = 0.7 \text{ м}$$

$h - ?$
(~~расстояние от её гипотенузы~~
~~до вершины, т.к. её размеры~~
~~невелики, < 1 м~~)

По 3-му способу:

$$\sin(90 - \alpha) = n \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{\cos \alpha}{n}$$

Числовик

Такие:

$$\cos \beta = \frac{h}{l} \Rightarrow h = l \cos \beta = l \sqrt{1 - \sin^2 \beta} =$$

$$= \left(l \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{h^2}} \right)$$

$$h = 70 \text{ см} \cdot \sqrt{1 - \frac{\cos^2 30^\circ}{1.33^2}}$$

$$1.33 \approx \frac{4}{3}!$$

$$\Rightarrow h \approx 70 \text{ см} \cdot \sqrt{1 - \frac{3 \cdot 3^2}{4 \cdot 4^2}} =$$

$$= \frac{70 \text{ см}}{8} \cdot \sqrt{37} \approx 70 \text{ см} \cdot \frac{6.1}{8} \approx$$

$$\sqrt{37} \approx 6,1! \quad \approx 53,3 \text{ см} \approx$$

$$\uparrow \\ \text{округлено} \\ \text{и} \\ \text{допущено} \\ \text{сторону}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{если взять} \\ \sqrt{37} \approx 6 \Rightarrow \\ \text{конечный} \\ \text{ответ такой} \\ \text{округленный до 53} \Rightarrow \end{array} \right.$$

$$\text{точное } h \in [52,5; 53,3] \text{ см.}$$

(делали приближение, не влекущие на
сторону (в см) ответа)

Ответ: 53 см

Приблизи-
тельно 53 см.
а не 52,5

± 23