

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

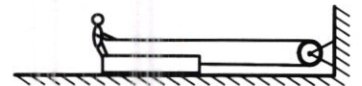
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

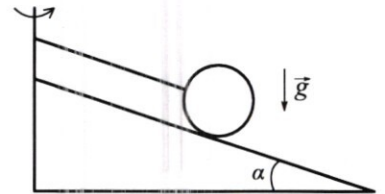
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой F_0 надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

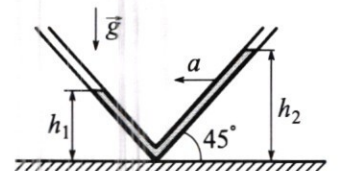


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

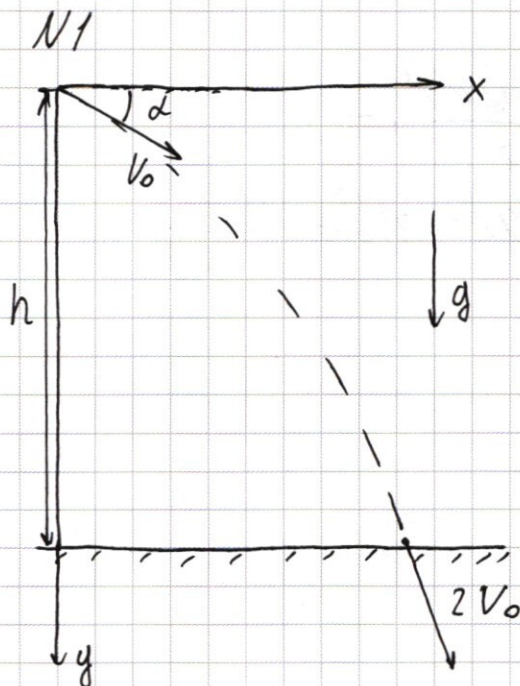


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Так как гайка всё время
приближалась к горизонталь-
ной поверхности земли,
то она брошена под углом
 α вниз.

- 1) В полёте ~~гор~~ проекция скорости на ось x не
меняется и равна $v_x = V_0 \cos \alpha$.

Тогда вертикальная компонента скорости
перед падением на землю равна v_{zy}

$$\begin{aligned} \text{По теореме Пифагора } v_{zy} &= \sqrt{(2V_0)^2 - v_x^2} = \sqrt{(2V_0)^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} = \\ &= V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} \quad V_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \frac{V_0}{2} \sqrt{13} \approx \frac{V_0}{2} \cdot 3,6 = \\ &= \frac{10 \cdot 3,6}{2} = 18 \text{ м/с} \end{aligned}$$

- 2) Запишем изменение скорости в проекции на
ось y : Пусть t - время полёта. Тогда

$$v_{zy} = V_0 \sin \alpha + gt \Leftrightarrow v_{zy} - V_0 \sin \alpha = gt \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{v_{zy} - V_0 \sin \alpha}{g} = t = \frac{18 - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} = \frac{18 - 5}{10} = 1,3 \text{ с}$$

3) Найдем с какой высоты была спущена гайка: обозначим эту высоту за h . Тогда из закона сохранения энергии для гайки:

Пусть m - масса гайки

$$\text{Тогда: } \frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot (2v_0)^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_0^2 + 2gh = 4v_0^2 \Leftrightarrow 2gh = 3v_0^2 \Leftrightarrow h = \frac{3v_0^2}{2g} =$$
$$= \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

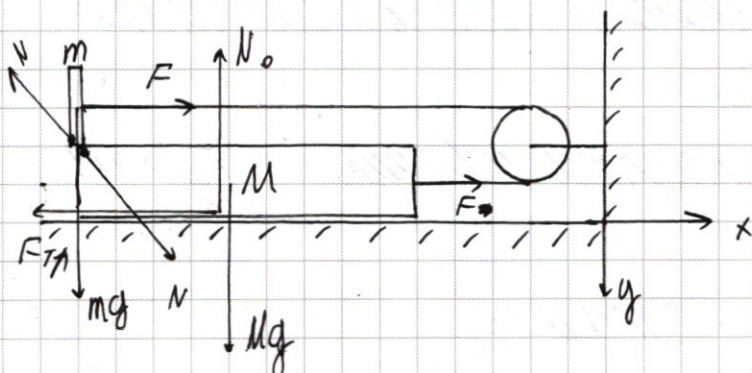
Ответ: $v_{2y} \approx 18 \text{ м/с}$

$$t = 1,3 \text{ с}$$

$$h = 15 \text{ м.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2



1) Пусть N сила, с
давления человека
на которой человек
давит на ящик.
 N_x и N_y проекции
этой силы на

ось x и y соответственно, N_0 — искомая сила давления на пол.
По второму закону Ньютона на ось y для
человека: $m \cdot 0 = mg - N_y \Leftrightarrow N_y = mg$.

По второму закону Ньютона на ось y для ящика:
 $M \cdot 0 = Mg + N_y - N_0 \Leftrightarrow N_0 = 2mg + mg = 3mg$.

2) найдем такую силу F_0 , что ящик начи-
нает двигаться по полу. При этой силе
трения $F_{тр} = \mu N_0 = 3\mu mg$ (катаюсь по скользкому).

Приведем движение без ускорения при F_0 , тогда F_0 — миним.

Второй закон Ньютона для человека в проекции
на ось x : $m \cdot 0 = F_0 - N_x \Leftrightarrow N_x = F_0$.

Второй закон Ньютона для ящика в проекции
на ось x : $M \cdot 0 = F_0 + N_x - F_{тр} \Leftrightarrow F_0 + F_0 = 3\mu mg \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$$

3) Найдём ускорение ящика, когда человек тянет за верёвку с силой F . Обозначим μ ускорение за a .

Второй закон Ньютона на ось x для человека:

$$m \cdot a = F - N_x \Leftrightarrow N_x = F - ma.$$

Второй закон Ньютона на ось x для ящика:

$$Ma = F + N_x - F_{\text{тр}}$$

Так как есть проскальзывание, то $F_{\text{тр}} = \mu N_0 = 3mg\mu$. Тогда:

$$2ma = F + F - ma - 3mg\mu \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 3ma = 2F - 3mg\mu \Leftrightarrow a = \frac{2F}{3m} - g\mu.$$

Пусть t - время, за которое человек передвинет ящик на расстояние S . Тогда:

$$\frac{at^2}{2} = S \Leftrightarrow t^2 = \frac{2S}{a} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} =$$

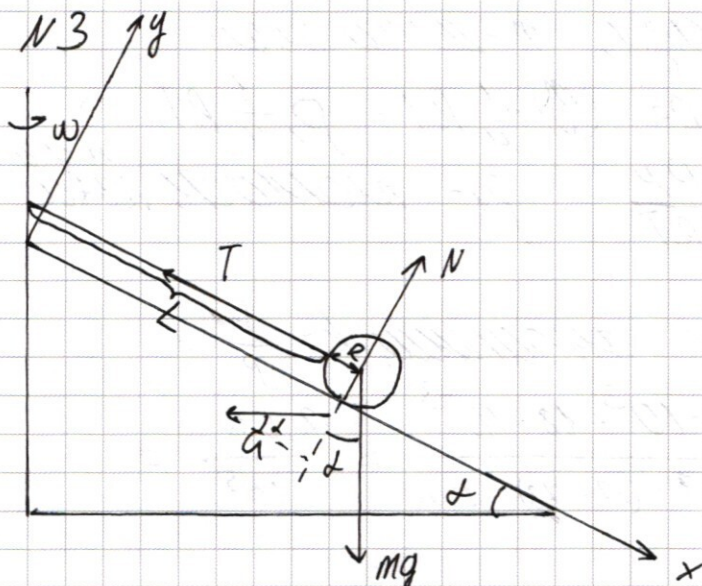
$$= \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - g\mu}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg\mu}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3mg\mu}}$$

Ответ: $N_0 = 3mg$

$$F_0 = 3mg\mu$$

$$t = \sqrt{\frac{2}{\frac{2F}{3m} - g\mu}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F_0 - 3mg\mu}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) Пусть N_0 - сила давления шара на клин при покоящейся системе. По второму закону Ньютона на ось y для шара:
- $$m \cdot 0 = N_0 - mg \cos \alpha \Leftrightarrow$$
- $$\Leftrightarrow N_0 = mg \cos \alpha.$$

- 2) Найдём центростремительное ускорение шара при вращении с ω .

$$a = \omega^2 \cdot (L + R) \cdot \cos \alpha.$$

Пусть N - сила давления шара на клин, T - сила натяжения нити.

Второй закон Ньютона на ось y :

$$m a \cdot \sin \alpha = mg \cos \alpha - N \Leftrightarrow N = mg \cos \alpha - m a \sin \alpha =$$

$$= m (g \cos \alpha - \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha) =$$

$$= m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha) \text{ при } g > \omega^2 (L + R) \sin \alpha$$

при $g \leq \omega^2 (L + R) \sin \alpha$ такое движение не возможно.

Ответ: $N_0 = mg \cos \alpha$.

$N = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$ при $g > \omega^2 (L + R) \sin \alpha$
при $g \leq \omega^2 (L + R) \sin \alpha$ такое не возможно, шар оторвется от клина.

N5

1) Так как процесс изотермический и пар насыщенн^{ый}, то его давление не изменяется.

Из уравнения Менделеева Клапейрона;

где V - объём газа, m - масса газа:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Leftrightarrow p = \left(\frac{m}{V}\right) \cdot \frac{1}{\mu} RT = \rho_1 \frac{1}{\mu} RT$$

Отсюда $\rho_1 = \frac{p\mu}{RT}$, ρ_1 - плотность газа ^{пара}
 $\rho_1 = \frac{m}{V}$.

Тогда искомое отношение $k = \frac{\rho_1}{\rho} =$

$$= \frac{p\mu}{R \cdot T \cdot \rho} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (27+273) \cdot 1000} \approx \frac{2,56}{10^5} =$$

$$= 2,56 \cdot 10^{-5}$$

2) Так как температура и давление (пар насыщенн^{ый}) ^{пара} постоянно, то и плотность пара постоянна $\Rightarrow$ если объём увеличился в $\gamma = 5,6$ раз, то и масса увеличивается в $\gamma = 5,6$ раз.

Пусть m_0 конечная масса пара. Тогда начальная масса пара равна $\gamma m_0 = 5,6 m_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ масса сконденсировавшейся воды равна $(\gamma - 1)m_0 = 5,6 m_0 - m_0 = 4,6 m_0$. Тогда объём

пара равен $V_n = \frac{m_0}{\rho_1}$

Объём воды $V_B = \frac{4,6 m_0}{\rho}$

Тогда искомое отношение $L = \frac{V_n}{V_B} =$

$$= \frac{\frac{m_0}{\rho_1}}{\frac{4,6 m_0}{\rho}} = \frac{\rho}{4,6 \cdot \rho_1} = \frac{1}{4,6} \cdot \frac{1}{k} =$$

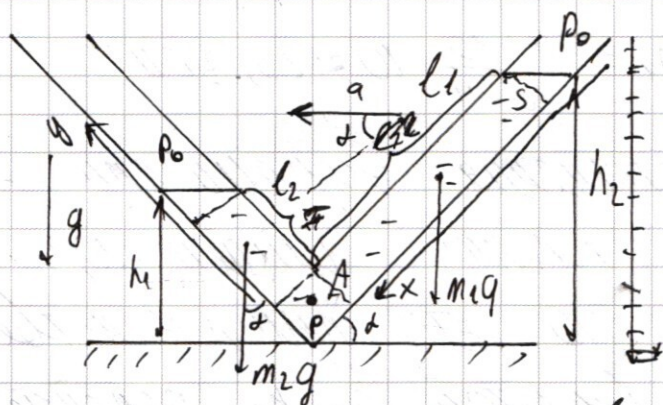
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{1}{4,6} \cdot \frac{10^5}{2,56} \approx \frac{10^6}{11,8} \approx 8475$$

Ответ: $k = 2,57 \cdot 10^{-5}$

$$L = 8975$$

NY



Пусть S — площадь
сечения трубки
Пусть давление
в точке A равно
 $p + p_0$, где

по атмосферное давление, тогда
по второму закону Ньютона для стержня
жесткости длины l_1 : ~~m_1 — это масса масла~~
 m_1 — масса стержня $m_1 = l_1 \cdot S \cdot \rho$, где ρ — плотность
масла тогда

$$1) m_1 a \cos \alpha = m_1 g \sin \alpha + p_0 S - p S - p_0 S = m_1 g \sin \alpha - p S$$

По второму закону Ньютона на ось y для
стержня длиной l_2 и массой m_2 , где

$$m_2 = l_2 \cdot S \cdot \rho$$

$$2) m_2 a \sin \alpha = (p + p_0)S - p_0 S - m_2 g \cos \alpha = pS - m_2 g \cos \alpha$$

$$1) \rho l_1 S a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \rho l_1 S g \frac{\sqrt{2}}{2} - p S$$

$$2) \rho l_2 S a \frac{\sqrt{2}}{2} = p S - \rho l_2 S g \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Сложим уравнения 1) и 2):

$$\rho S a \frac{\sqrt{2}}{2} (l_1 + l_2) = \rho S g \frac{\sqrt{2}}{2} (l_1 - l_2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a(l_1 + l_2) = g(l_1 - l_2) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a l_1 + a l_2 = g l_1 - g l_2 \Leftrightarrow (a + g) l_2 = (g - a) l_1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow l_2 = \frac{g - a}{a + g} l_1$$

$$h_2 = l_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$h_1 = l_2 \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{таким образом} \quad \frac{h_2}{h_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{a + g}{g - a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{a + g}{g - a} \cdot h_1 = \frac{4 + 10}{10 - 4} \cdot 10 \approx 23,3 \text{ см.}$$

Из Закона сохранения энергии при ^{исключении} исчезновении ускорения найдём скорость V .

Можно считать, что это при равенстве уровней, столб высотой $\frac{h_2 - h_1}{2}$ перейдёт из правого кола в левый. При этом его центр масс опустится на $\frac{h_2 - h_1}{2}$.

Пусть M_0 масса всей воды ^{в трубе}. Тогда

масса нашего столба равна $m_0 =$

$$= M_0 \cdot \frac{h_2 - h_1}{2(h_2 + h_1)}. \quad \text{Отсюда из Закона сохра-}$$

$$\text{нения энергии } K + M_0 \frac{V^2}{2} = K + M_0 \frac{h_2 - h_1}{2(h_2 + h_1)} \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right) g,$$

где K кинетическая энергия всей системы ^{в трубе} сразу после исчезновения ускорения.

$$\text{Тогда: } M_0 \frac{V^2}{2} = M_0 \frac{h_2 - h_1}{2(h_2 + h_1)} \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{2} g.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Отсюда:

$$V^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_2 + h_1)} g$$

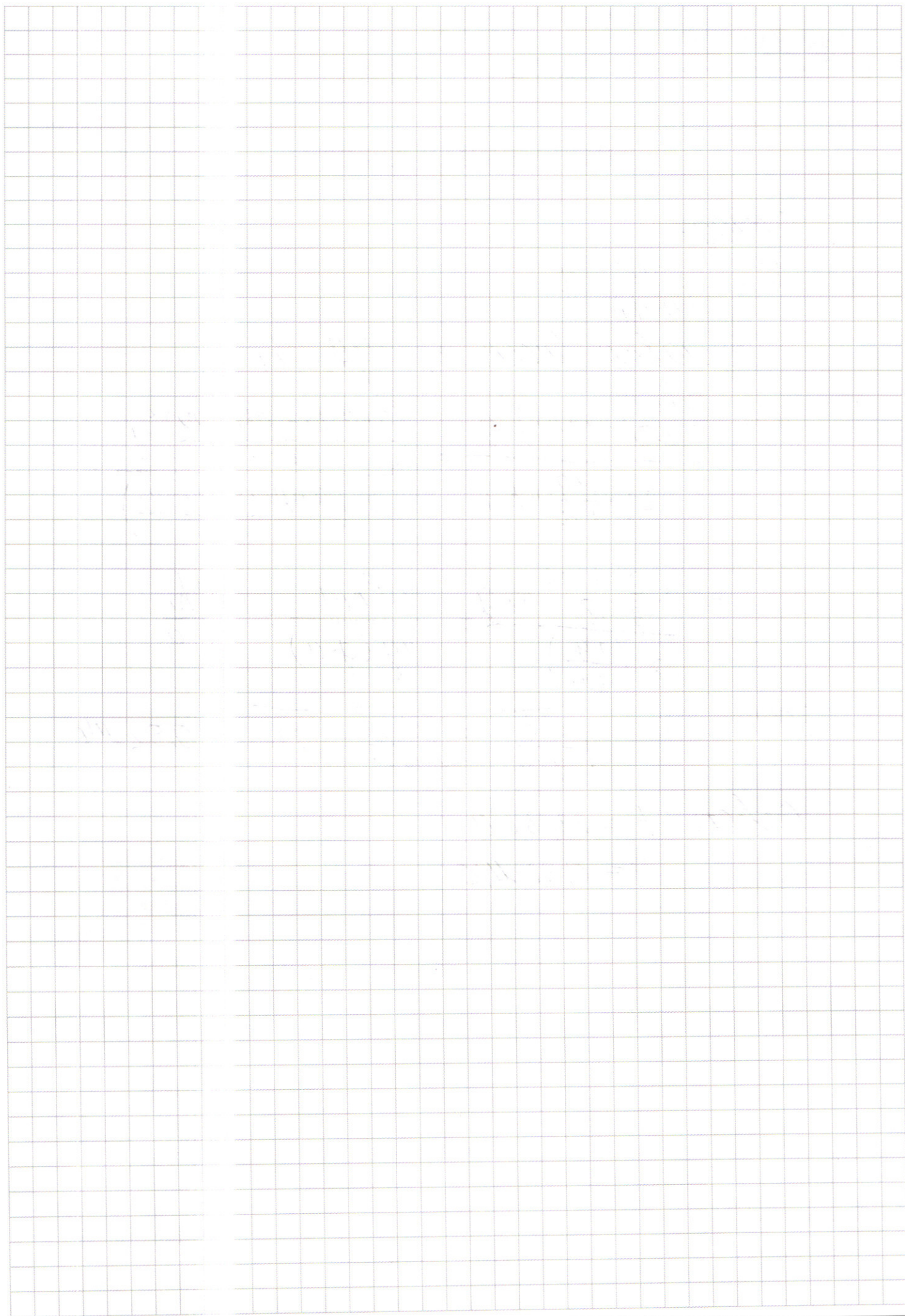
Подставим вместо $h_2 = \frac{a+g}{g-a} \cdot h_1$

$$V^2 = \frac{\left(\left(\frac{a+g}{g-a}\right)h_1 - h_1\right)^2 g}{2\left(\frac{a+g}{g-a}h_1 + h_1\right)} = \frac{\left(\frac{(a+g)h_1 - gh_1 + ah_1}{g-a}\right)^2 g}{2\left(\frac{(a+g)h_1 + gh_1 - ah_1}{g-a}\right)} =$$

$$= \frac{\left(\frac{2a}{g-a}\right)^2 h_1 g}{2\left(\frac{2g}{g-a}\right)} = \frac{4a^2 h_1 g}{4g(g-a)} = \frac{a^2 h_1}{g-a}$$

$$\text{Тогда: } V = \sqrt{\frac{a^2 h_1}{g-a}} = \sqrt{\frac{4^2 \cdot 0,1}{10-4}} = \sqrt{0,266} \approx 0,52 \text{ м/с}$$

Ответ: $h_2 = 23,3 \text{ см}$
 $V = 0,52 \text{ м/с}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 37 \\ 37 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000000 \overline{) 11.8} \\ - 944 \\ \hline 560 \\ + 172 \\ \hline 880 \\ - 826 \\ \hline 540 \\ - 472 \\ \hline 680 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \cdot 18 \\ \hline 8,31 \cdot 300 \cdot 1000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 18 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$

$$63,9$$

$$6390 \overline{) 8380}$$

$$\begin{array}{r} 639 \overline{) 83} \\ - 581 \\ \hline 580 \end{array}$$

$$7,7$$

$$\begin{array}{r} 7,7 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 257 \\ \times 46 \\ \hline 1536 \\ 1024 \\ \hline 11776 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ \hline 11,776 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 77 \overline{) 3} \\ - 6 \\ \hline 17 \\ - 15 \\ \hline 20 \\ - 18 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$1000000000$$

$$\begin{array}{r} 257 \\ \times 46 \\ \hline 1536 \\ 1024 \\ \hline 28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 257 \\ \times 46 \\ \hline 1542 \\ 1028 \\ \hline 11822 \end{array}$$

$$100$$



$$\frac{140}{6}$$

$$\begin{array}{r} 140 \overline{) 6} \\ -12 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 6} \\ -12 \\ \hline 40 \\ -36 \\ \hline 40 \\ -36 \\ \hline \end{array}$$

$$2666$$

$$0,27$$

$$2666$$

$$52$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ \times 52 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 104 \\ + 260 \\ \hline 2604 \end{array}$$

$$\underline{\underline{2604}}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times 51 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ + 255 \\ \hline 2601 \end{array}$$