

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?

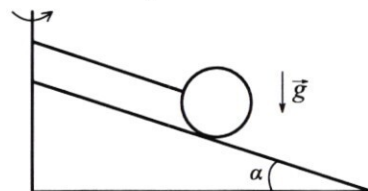
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

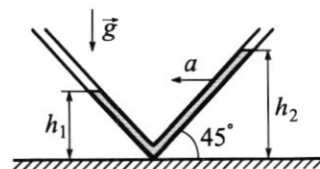


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

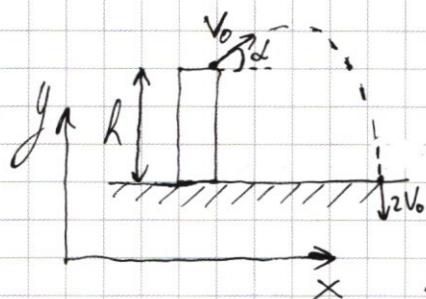
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

Задача 1



Пл.к. займа всё время приближалась
к Земле, $\alpha = -30^\circ$

$$V_0 \cos \alpha t = x$$

$$V_0 \cos \alpha = V_x$$

$$h + V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = y$$

$$V_0 \sin \alpha - gt = V_y$$

$$2V_0 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{(V_0 \cos \alpha)^2 + (V_0 \sin \alpha - gt_k)^2} =$$

↑
поперечные
скорости

$$= \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha - 2V_0 g \sin \alpha t_k + g^2 t_k^2} = \sqrt{V_0^2 + g^2 t_k^2 - 2V_0 g \sin \alpha t_k}$$

$$4V_0^2 = V_0^2 + g^2 t_k^2 - 2V_0 g \sin \alpha t_k$$

$$3V_0^2 + 2V_0 g \sin \alpha t_k - g^2 t_k^2 = 0$$

$$300 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + (-100 \frac{\text{м}}{\text{с}^3}) t_k - 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} t_k^2 = 0$$

$$\frac{1}{c^2} t_k^2 + \frac{1}{c} t_k - 3 = 0 \quad D = (1+12) \frac{1}{c^2} = \sqrt{13} \cdot \frac{1}{c^2}$$

$$\begin{cases} t_{k1} = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} c \\ t_{k2} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c \end{cases} \quad \leftarrow \begin{matrix} \text{не подходит,} \\ \text{т.к. } t > 0 \end{matrix}$$

$$V_{yk} = V_0 \sin \alpha - gt = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (-\frac{1}{2}) - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (-\frac{\sqrt{13}}{2}) = -5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h + V_0 \sin \alpha t_k - \frac{gt_k^2}{2} = y_k = 0$$

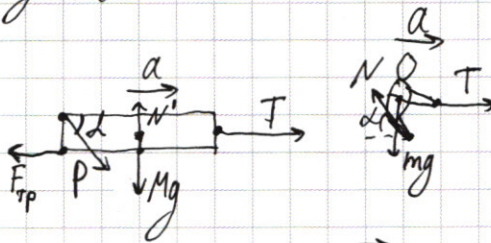
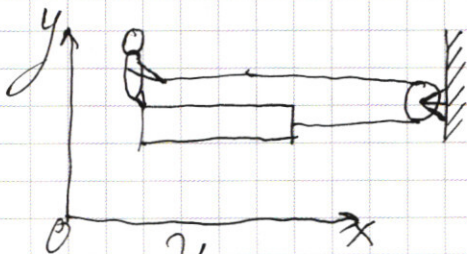
$$h = -V_0 \sin \alpha t_k + \frac{gt_k^2}{2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (\frac{\sqrt{13} - 1}{2} c)^2}{2} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \sin(-30^\circ) \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c =$$

$$= 5 \text{ м} \cdot \frac{1}{4} \cdot (13 - 2\sqrt{13} + 1) + 5 \text{ м} \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} = 2,5 \text{ м} (7 - \sqrt{13} + \sqrt{13} - 1) =$$

$$= 15 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } h = 15 \text{ м}, t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} c, V_y = -5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Задача 2



Из первого закона Ньютона: $\vec{P} = -\vec{N}$, $\vec{T} = -\vec{F}$

Из второго закона Ньютона: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$

$$\vec{N}' + \vec{F}_{TP} + \vec{P} + \vec{Mg} + \vec{T} = M\vec{a}$$

$$\begin{cases} OX: T - N \cos \alpha = ma \\ -F_{TP} + P \cos \alpha + T = Ma \end{cases} \quad \begin{cases} OY: N \sin \alpha - mg = 0 \\ N' - P \sin \alpha - Mg = 0 \end{cases} \quad F_{TP} = \mu N'$$

$$\begin{cases} F - N \cos \alpha = ma \\ -\mu N' + N \cos \alpha + F = Ma \\ N \sin \alpha - mg = 0 \\ N' - N \sin \alpha - Mg = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F - mg \operatorname{ctg} \alpha = ma \Leftrightarrow \operatorname{ctg} \alpha = \frac{F - ma}{mg} \\ -\mu g(m+M) + mg \operatorname{ctg} \alpha + F = Ma \Rightarrow -\mu g(m+M) + F - ma + F = Ma \\ N = \frac{mg}{\sin \alpha} \\ N' = mg + Mg \end{cases}$$

↑
сила тяжести на человека

$$2F - \mu g(m+M) = (M+m)a$$

F_0 минимальна, если $a_0 = 0$. Тогда $2F_0 - \mu g(m+M) = 0$

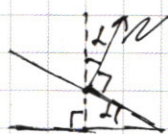
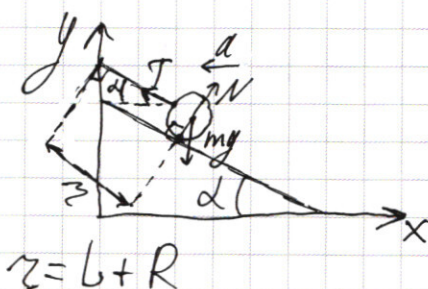
$$F_0 = \frac{1}{2} \mu g(m+M)$$

Если $F > F_0$, то $a = \frac{2F}{M+m} - \mu g$

$$s = \frac{at^2}{2}, \text{ т.к. } v_0 = 0 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2F}{M+m} - \mu g}}$$

Ответ: $N' = (m+M)g$, $F_0 = \frac{1}{2} \mu g(m+M)$, $t = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2F}{M+m} - \mu g}}$

Задача 3



Второй закон Ньютона:
 $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$ $a = \omega^2 z$

$$OX: N \sin \alpha - T \cos \alpha = -ma$$

$$OY: N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\left(V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(-V_0 \cdot \frac{1}{2} - g \cdot t_0\right)^2 = \frac{3}{4} V_0^2 + \frac{9}{4} V_0^2 = \frac{12}{4} V_0^2 = 3 V_0^2$$

$$\left(V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(V_0 \cdot \frac{1}{2} + g \cdot \frac{\sqrt{3}-1}{2}\right)^2 = V_0^2 \cdot \left(\frac{3}{4} + \frac{13}{4}\right) = 4 V_0^2$$

$$T = \frac{1}{\cos \alpha} (N \sin \alpha - m a)$$

$$N \cos \alpha - \frac{1}{\cos \alpha} (N \sin \alpha - m a) - m g = 0$$

$$N (\cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}) + \frac{m a}{\cos \alpha} - m g = 0$$

$$N = \frac{m g - m a \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}}{\cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}}$$

$$\begin{array}{r} \times 2412 \\ 46 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ 12 \\ 1648 \\ 6 \\ \hline 110952 \end{array}$$

$$\frac{2412}{10000}$$

$$\frac{1}{111} = 0.009009 \dots$$

$$\begin{array}{r} \times 0.009 \\ 111 \\ \hline 999999 \end{array}$$

$$\frac{2412}{10000}$$

$$\frac{m v^2}{2} = F \cdot \Delta x$$

$$\frac{m v^2}{2} = F \cdot \Delta x$$

$$\frac{d v^2}{2} + m g h + p = \text{const}$$

$$\frac{d m v^2}{2} = d m g h$$

$$\frac{v^2}{2} = -g \Delta h$$

$$-\Delta h = \frac{v^2}{2g}$$

$$v g \Delta h = p \Delta a$$

$$g \Delta h = d v a$$

$$a = \frac{v}{g \Delta h} \frac{d v}{d t}$$

$$d v = \frac{g \Delta h}{v} d t$$

$$d v = \frac{g \Delta h}{v} d t$$

$$d v = \frac{g \Delta h}{v} d t$$

$$\begin{array}{r} 3550 \quad 831 \\ - 3394 \quad 402 \\ \hline 2260 \\ - 2662 \\ \hline 598 \\ 402 \\ \times 6 \\ \hline 2412 \end{array}$$

$$\begin{cases} N \sin \alpha - T \sin \alpha = -m a \cos \alpha \\ N \cos \alpha + T \sin \alpha - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow N \cos \alpha + N \sin \alpha \tan \alpha - mg = -m a \cos \alpha$$

$$N \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = m(g - a \cos \alpha)$$

$$N = m \cdot \frac{g - a \cos \alpha}{\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} = m \cdot \frac{g \cos \alpha - a \sin \alpha}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = m \cdot \frac{g \cos \alpha - a \sin \alpha}{1}$$

$$N = \frac{m}{\cos \alpha} \cdot (g \cos \alpha - w^2(L+R) \sin \alpha)$$

Если $w=0$ (ученик не ходит), $N = \frac{mg \cos \alpha}{\cos \alpha} = mg$

Ответ: $N_0 = \frac{mg \cos \alpha}{\cos \alpha}$, $N = \frac{m}{\cos \alpha} (g \cos \alpha - w^2(L+R) \sin \alpha)$

Ответ: $N_0 = mg \cos \alpha$, $N = m(g \cos \alpha - w^2(L+R) \sin \alpha)$

Задача 5

$$1) pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \frac{p \mu}{m} = p \Leftrightarrow \nu = \frac{p \mu}{RT}; K = \frac{p \mu}{RT} =$$

$$= \frac{3550 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 1 \text{ м}^3} = \frac{3550}{831} \cdot 6 \cdot \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{Дж}} = 24,12 \cdot 10^{-6}$$

$$2) \nu = \nu_n + \nu_g \quad \frac{\nu_n}{\nu_g} = \frac{\frac{p_n RT}{\mu}}{\frac{p_g RT}{\mu}} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{RT}{p_g} \cdot \frac{p_g}{\mu} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{RT}{p_g \mu} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{1}{K}$$

$\nu_n = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{1}{K}$ ← начальный объем

$$\gamma = \frac{\nu_n}{\nu_g} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{1}{K} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{1}{\frac{p_g \mu}{RT}} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{RT}{p_g \mu} = \frac{p_n}{p_g} \cdot \frac{1}{K} = 1 + \frac{p_g}{p_n} \Rightarrow \frac{p_n}{p_g} = \frac{1}{\gamma - 1} = \frac{1}{4,6}$$

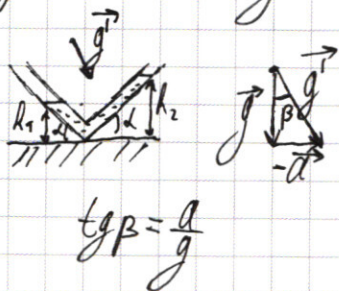
$$\frac{\nu_n}{\nu_g} = \frac{1}{24,12 \cdot 10^{-6} \cdot 4,6} = 9 \cdot 10^3$$

Ответ: $24 \cdot 10^{-6}$, $9 \cdot 10^3$

Задача 4

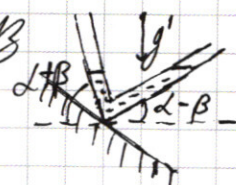
1) Перейдем в систему отсчета, связанную с трубой.

Тогда

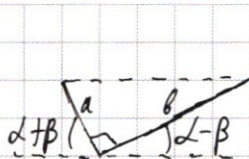


$$\tan \alpha = \frac{a}{g}$$

Повернем картинку так, чтобы $\vec{g}$ был направлен вниз. Уровни жидкостей будут одинаковы, т.к. система в равновесии.

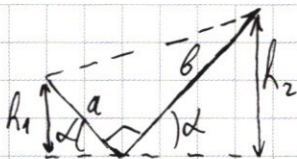


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$a \sin(\alpha + \beta) = b \sin(\alpha - \beta)$$

$$\frac{b}{a} = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \beta)}$$



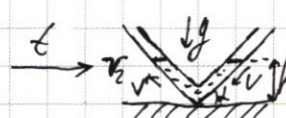
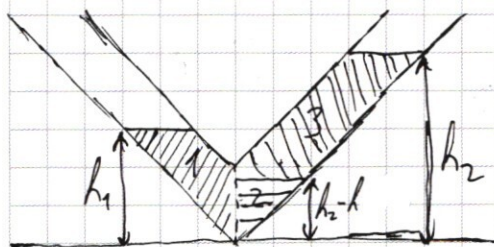
$$a \sin \alpha = h_1, \quad b \sin \alpha = h_2$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a}$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \beta)} = h_1 \cdot \frac{\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha}{\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha} = h_1 \cdot \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{\tan \alpha - \tan \beta} = h_1 \cdot \frac{1 + \frac{a}{b}}{1 - \frac{a}{b}} = \frac{a+b}{b-a} \cdot h_1$$

$$h_2 = \frac{10 \frac{m}{s^2} + 4 \frac{m}{s^2}}{10 \frac{m}{s^2} - 4 \frac{m}{s^2}} \cdot 10 \text{ см} = \frac{14}{6} \cdot 10 \text{ см} = \frac{70}{3} \text{ см}$$

2) В СО трубки



$$V_1 = h_1 \sin \alpha \cdot S + h_2 \sin \alpha \cdot S$$

объем воды, объем трубки

$$V_2 = h_1 \sin \alpha \cdot S + h_2 \sin \alpha \cdot S$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow 2h = h_1 + h_2, \quad h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$h_2 - h = h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{h_2 + h_1}{2} - h_1 = h - h_1$$

Закон сохранения энергии:

$$m_1 g (h - h_1) + m_2 g (h_2 - h) = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{2} \cdot v^2$$

$$m_1 g (h - h_1) + m_2 g (h_2 - h) = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{2} \cdot v^2$$

$$-m_1 g (h - h_1) + m_2 g (h_2 - h) = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{2} \cdot v^2$$

масс частей 1 и 2 (см. рисунок)

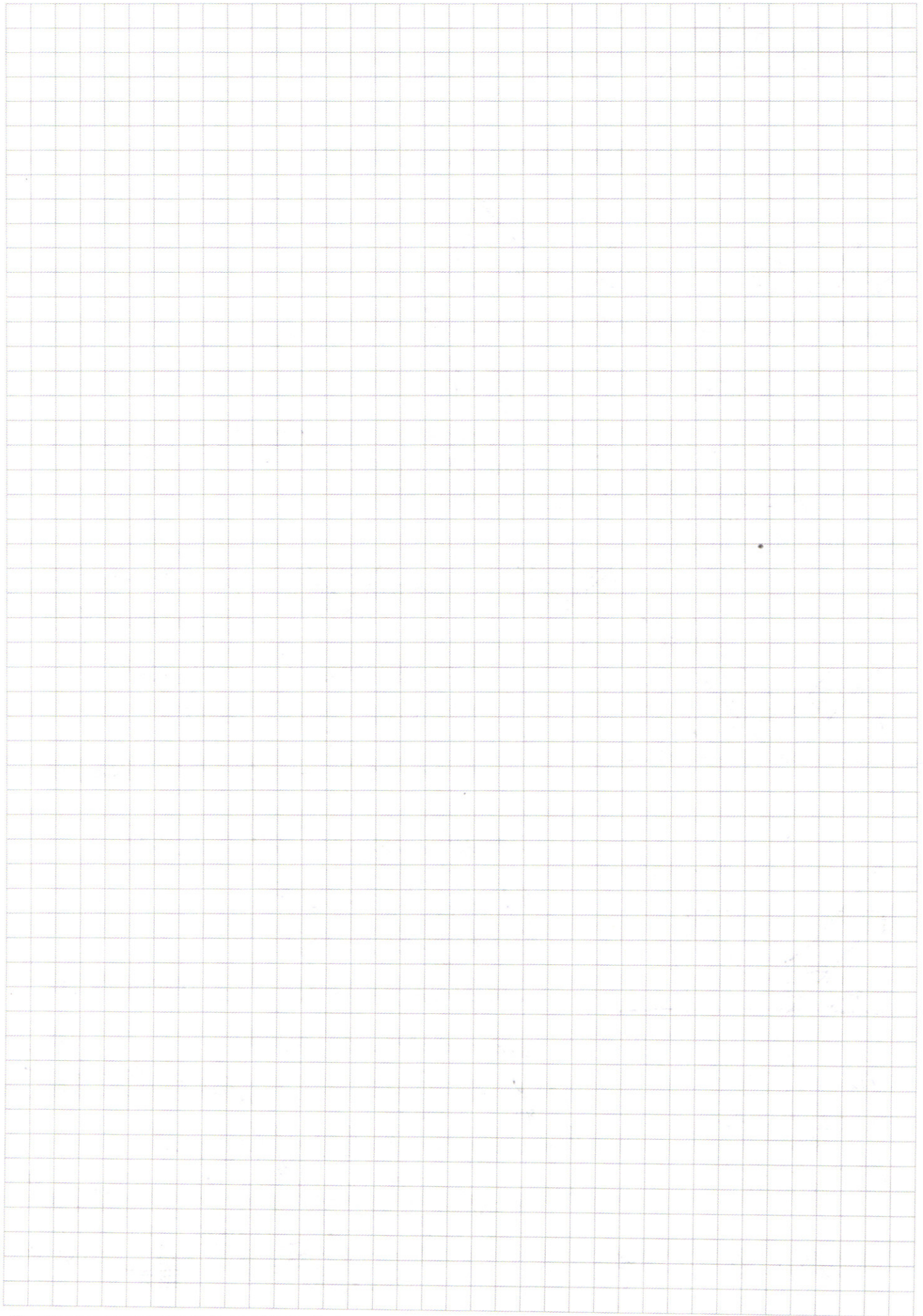
$$g \left(\frac{h}{\sin \alpha} \rho S - \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho S \right) (h - h_1) = \frac{g \left(\frac{h}{\sin \alpha} \rho S + \frac{h_1}{\sin \alpha} \rho S \right) \frac{(h_2 - h_1)}{\sin \alpha}}{2}$$

$$g (h - h_1)^2 = v^2, \quad h + h_1 + (h_2 - h_1) = v^2 \cdot h$$

$$v = \sqrt{g(h - h_1)^2} = \sqrt{g(h - h_1)} \cdot \sqrt{g(h_2 - h_1)} = \frac{(h_2 - h_1) \cdot \sqrt{g}}{\sqrt{2} \sqrt{h_1 + h_2}}$$

$$v = \frac{(\frac{70}{3} \text{ см} - 10 \text{ см}) \cdot \sqrt{10 \frac{m}{s^2}}}{\sqrt{2} \sqrt{\frac{70}{3} \text{ см} + 10 \text{ см}}} = \frac{40 \text{ см} \cdot \sqrt{10 \frac{m}{s^2}}}{\sqrt{2} \sqrt{\frac{100}{3} \text{ см}}} = \frac{40 \text{ см} \cdot \sqrt{10 \frac{m}{s^2}}}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{100}{3} \text{ см}}} = \sqrt{15} \cdot \frac{0.4}{3} \frac{m}{s}$$

$$\text{ответ: } \frac{2}{\sqrt{15}} \frac{m}{s}, \frac{70}{3} \text{ см}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



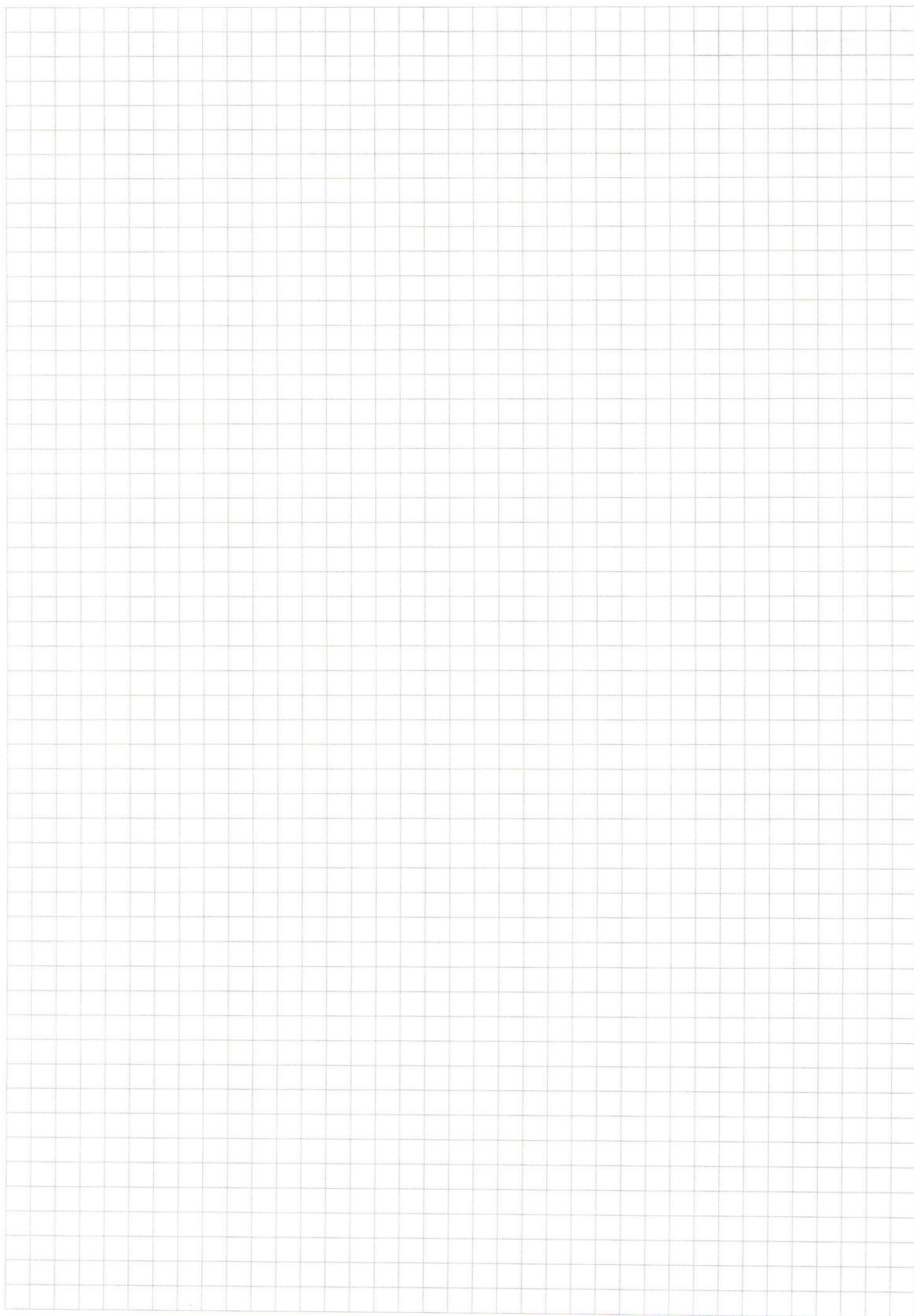
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

