

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

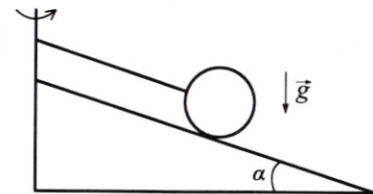
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 5m$. 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) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

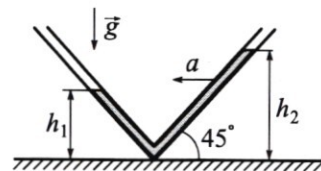
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, 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 уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



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

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано: $v_0 = 8 \frac{м}{с}$; $\alpha = 60^\circ$; $v_k = 2,5v_0$; $g = 10 \frac{м}{с^2}$

Найти: v_{ky} - ?; t - ?; l - ?

Решение: Введем С.О. как на рисунке

$$Oy: v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = -h$$

$$Ox: v_0 \cos \alpha t = l$$

$$v_0 \sin \alpha - gt = -v_k \sin \beta \Rightarrow v_0 \sin \alpha - gt = -2,5v_0 \sin \beta$$

$$v_0 \cos \alpha = 2,5v_0 \cos \beta \Rightarrow \cos \alpha = 2,5 \cos \beta$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha = 60^\circ \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \cos \beta = \frac{1}{5} \\ \cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1 \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

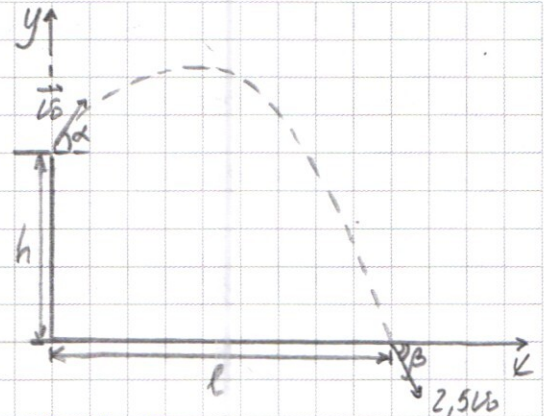
$$gt = v_0 \sin \alpha + 2,5v_0 \sin \beta = v_0 (\sin \alpha + 2,5 \sin \beta) \Rightarrow t = \frac{v_0 (\sin \alpha + 2,5 \sin \beta)}{g}$$

$$t = \frac{8 \frac{м}{с} (\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6})}{10 \frac{м}{с^2}} = \frac{8\sqrt{3}}{5} (1 + 2\sqrt{2}) \text{ с}$$

$$l = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow l = 8 \frac{м}{с} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{8\sqrt{3}}{5} (1 + 2\sqrt{2}) \text{ с} = \frac{32\sqrt{3}}{5} (1 + 2\sqrt{2}) \text{ м}$$

$$v_{ky} = -2,5v_0 \sin \beta = -2,5 \cdot 8 \frac{м}{с} \cdot \frac{2\sqrt{6}}{5} = -8\sqrt{6} \frac{м}{с}$$

$$\text{Ответ: } v_{ky} = -8\sqrt{6} \frac{м}{с}; t = \frac{8\sqrt{3}}{5} (1 + 2\sqrt{2}) \text{ с}; l = \frac{32\sqrt{3}}{5} (1 + 2\sqrt{2}) \text{ м}$$



h - выс. выстрела

l - длина полета

β - угол падения с гориз. при падении

3. Дано: m, R, α, L, g

Найти: 1) T_1 - ? 2) T_2 - ? (ω)

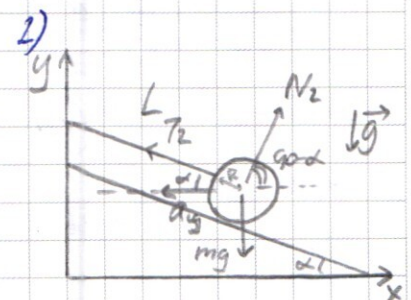
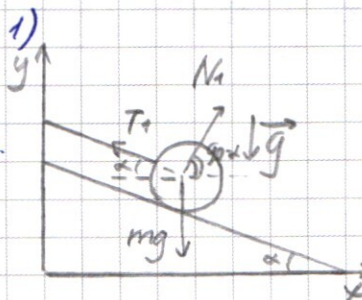
Решение: Введем С.О. как на рис.

$$1) \Sigma \vec{F} = m\vec{a} = 0$$

$$Oy: N_1 \sin(90 - \alpha) + T_1 \sin \alpha = mg$$

$$Ox: T_1 \cos \alpha = N_1 \cos(90 - \alpha) \Rightarrow T_1 \cos \alpha = N_1 \sin \alpha \Rightarrow N_1 = T_1 \operatorname{ctg} \alpha$$

$$T_1 \operatorname{ctg} \alpha \cos \alpha + T_1 \sin \alpha = mg \Rightarrow T_1 (\frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \sin \alpha) = mg \Rightarrow T_1 \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = mg \Rightarrow T_1 = mg \sin \alpha$$



$$2) \text{ Oy: } T_2 \sin \alpha + N_2 \sin(90^\circ - \alpha) = mg \Rightarrow T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha = mg \Rightarrow N_2 = \frac{mg - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\begin{aligned} \text{Ox: } T_2 \cos \alpha - N_2 \cos(90^\circ - \alpha) &= m a_{\text{ox}} \\ a_{\text{ox}} &= \omega^2 (L+R) \cos \alpha \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha &= m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \\ T_2 \cos \alpha - \frac{mg - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha &= m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \end{aligned}$$

$$T_2 \cos \alpha - mg \tan \alpha + T_2 \sin \alpha \tan \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \Rightarrow$$

$$T_2 \cos^2 \alpha + T_2 \sin^2 \alpha - mg \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha \Rightarrow T_2 = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$$

$$\text{Ответ: } T_1 = mg \sin \alpha; T_2 = m(\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$$

$$5. \text{ Dano: } T = 95^\circ \text{C} = 368 \text{K}; p = 8,5 \cdot 10^4 \text{Pa}; R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}; \gamma = 4,7; p_0 = 1 \frac{\text{atm}}{101325 \text{Pa}}, M = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{Найти: } \frac{p_0}{p} - ?, \frac{V_1}{V_0} - ?$$

Решение:

$$1) p_0 = p$$

$$2) p_0 = p$$

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT$$

$$pV_1 = \nu_1 RT = \frac{m - m_0}{M} RT$$

$$V = 4,7 V_1 \Rightarrow \frac{m - m_0}{m} = \frac{pV_1}{pV} = \frac{1}{4,7}$$

$$4,7m - 4,7m_0 = m \Rightarrow 4,7m_0 = 3,7m \Rightarrow m_0 = \frac{3,7}{4,7} m, m - m_0 = \frac{10}{4,7} m$$

$$pV = \frac{m}{M} RT, m = p_0 V \Rightarrow pV = \frac{p_0 V}{M} RT \Rightarrow p = \frac{p_0}{M} RT \Rightarrow \frac{p_0}{p} = \frac{pM}{RT} \Rightarrow \frac{p_0}{p} = \frac{pM}{p_0 V \gamma}$$

$$\frac{p_0}{p} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{Pa} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1 \frac{\text{atm}}{101325 \text{Pa}} \cdot 8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 368 \text{K}} \approx 0,5 \cdot 10^{-16}$$

$$pV_1 = \frac{m - m_0}{M} RT$$

$$m - m_0 = p_0 V_1; m_0 = p_0 V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{m_0}{p_0} = \frac{3,7m}{4,7p_0}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT} \Rightarrow V = \frac{mRT}{pM} \Rightarrow \frac{1}{4,7} V = \frac{mRT}{4,7pM}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{Pa} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 368 \text{K} \cdot 4,7 \cdot 10^{-16} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{8,5 \cdot 10^4 \text{Pa} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 368 \text{K} \cdot 10^{-10} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 368 \cdot 4,7 \cdot 10^{-16}}{18 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 37} \approx 10^{-10} \cdot \frac{20,5 \cdot 1,02}{37} \approx 0,6 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_0}{p} \approx 0,05; \frac{V_1}{V_0} \approx 0,6 \cdot 10^{-10}$$

$$m_0 = \frac{3,7}{4,7} m$$

$$\left. \begin{aligned} p_0 V_0 &= m_0 \\ p_0 V_0 &= \frac{3,7}{4,7} p_0 V \Rightarrow V_0 = \frac{3,7}{4,7} \frac{p_0}{p} V \Rightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{4,7}{3,7} \frac{p}{p_0} \Rightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{10}{3,7} \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{4,7} = \frac{10}{3,7} \frac{p}{p_0} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{10}{3,7} \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{4,7} = \frac{10}{3,7} \frac{p}{p_0}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{10}{3,7} \cdot 2 \cdot 10^{16} = 0,54 \cdot 10^{16} = 5,4 \cdot 10^{15}$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_0}{p} \approx 0,5 \cdot 10^{-16}; \frac{V_1}{V_0} \approx 5,4 \cdot 10^{15}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

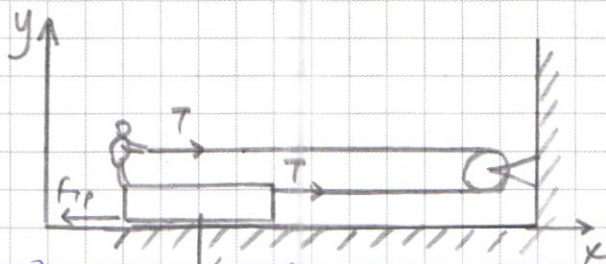
2. Дано: $S, m, M=5m, \mu$

Найти: $F_{\text{нат}} - ?$, $T - ?$, $v(F) - ?$

Решение:

По т. Пиф. $F_{\text{нат}} = \sqrt{(m+M)^2 g^2 + F_{\text{тр}}^2}$

$$F_{\text{тр}} = \mu(m+M)g = 6\mu mg \Rightarrow F_{\text{тр}}^2 = 36\mu^2 m^2 g^2 \Rightarrow F_{\text{нат}} = \sqrt{36m^2 g^2 + 36\mu^2 m^2 g^2} = 6mg\sqrt{1+\mu^2}$$



①: $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

Ох: $2T - F_{\text{тр}} = (m+M)a \Rightarrow 2T - \mu(M+m)g = (m+M)a \Rightarrow 2T - 6\mu mg = 6ma$

$a \geq 0$: T_{min} : $2T \geq 6\mu mg \Rightarrow T \geq 3\mu mg$

3) $6ma = 2T - 6\mu mg \Rightarrow a = \frac{F}{3m} - \mu g = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} = \frac{F - 3\mu mg}{3m}$

$S = \frac{at^2}{2} = \frac{(F - 3\mu mg)t^2}{3m} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{3mS}{F - 3\mu mg}}$

$v = at = \frac{F - 3\mu mg}{3m} \cdot \sqrt{\frac{3mS}{F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{(F - 3\mu mg)S}{3m}}$

Ответ: $F_{\text{нат}} = 6mg\sqrt{1+\mu^2}$; $T \geq 3\mu mg$; $v = \sqrt{\frac{(F - 3\mu mg)S}{3m}}$

4. Дано: $\alpha = 45^\circ$; $g = 10 \frac{m}{c^2}$; $h_1 = 8 \text{ cm}$, $h_2 = 12 \text{ cm}$

Найти: $a - ?$, $v - ?$

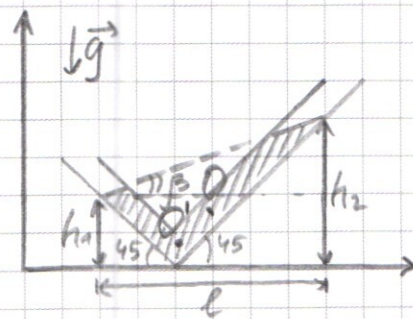
Решение: $\tan \beta = \frac{a}{g}$ (из рис.)

$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{l}$
 $l = (h_1 + h_2) \text{ из рис.}$
 $\Rightarrow \tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{a}{g}$
 След-но, $a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$

$a = 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{12 - 8}{20} = 2 \frac{m}{c^2}$

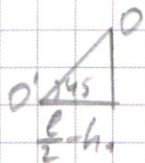
Найдём центр масс системы: он находится на $\frac{l}{2}$ от края по оси х.

Когда система придёт в равновесие (ускорение пропадёт), её ц.масс



т.о. - ц.масс системы

сместится до точки O' .



$$OO' = \frac{l-h_1}{\cos 45} = \frac{2 \text{ см}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} \text{ см} = 2\sqrt{2} \text{ см}. \text{ Перейдём в С.О. трубки.}$$

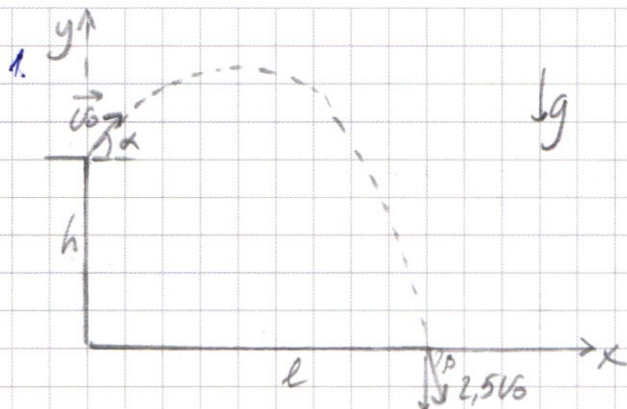
Вначале ускорение жидкости в т. $O = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, а в т. O' : $0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ относительно трубки

Также от-но трубки вначале (в момент «исключения» ускорения)

равно нулю. Далее ускорение трубки исчезнет, а жидкость продолжит движение

с тем же ускорением.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{16(\sqrt{3} + 2\sqrt{6})}{10} = \frac{8(\sqrt{3} + 2\sqrt{6})}{5} = \frac{8\sqrt{6}}{5}(1 + 2\sqrt{2})$$

~~$$\cos \alpha = \sin \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha \Rightarrow 6,25 \cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha \Rightarrow \tan^2 \alpha = 6,25$$~~

~~$$v_y: v_0 \sin \alpha t = g \frac{t^2}{2} - v_0 \sin \alpha t$$~~

~~$$v_x: v_0 \cos \alpha t = l$$~~

~~$$v_0 \cos \alpha t = v_0 \sin \alpha t \Rightarrow \tan \alpha = 1$$~~

~~$$v_y: v_0 \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2} = h$$~~

~~$$v_x: v_0 \cos \alpha t = l$$~~

$$v_0 \sin \alpha - gt = 2,5 v_0 \sin \beta$$

$$v_0 \cos \alpha = 2,5 v_0 \cos \beta \Rightarrow \cos \alpha = 2,5 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{1}{5}$$

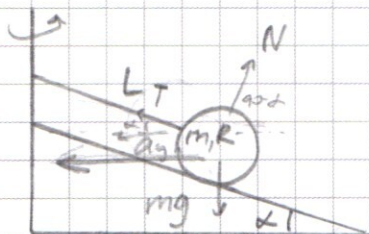
$$\sin \beta =$$

$$T - F = ma \quad T - F = ma$$

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

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

3



$$v_y = T \cos \alpha = N \cos(90^\circ - \alpha) = N \sin \alpha$$

$$mg = N \sin(90^\circ - \alpha) = N \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2 L \cos \alpha$$

$$8,31 \cdot 10^{-13}$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{8,5 \cdot 10^7 \cdot 368} = \frac{8,5 \cdot 18}{8,5 \cdot 10^3 \cdot 368}$$

$$v = \omega r$$

$$a_y = \omega^2 r$$

$$\frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{1000 \cdot 8,31 \cdot 10^{13} \cdot 368}$$

$$\frac{8,5 \cdot 18}{10^{16} \cdot 8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{198}{10^{16} \cdot 8,31 \cdot 368}$$

$$10^{-16} \cdot m^3 = \frac{1}{m} \cdot m^3 = m^2$$

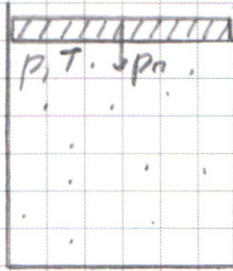
$$0,05 \cdot 0,001 = 0,00005$$

$$\frac{198}{368} = \frac{99}{184} = \frac{9}{17} \approx 0,5$$

5.

$$\frac{8.7 \cdot 10^{-13}}{2.73}$$

$$R = 8.7 \cdot 10^{-13}$$

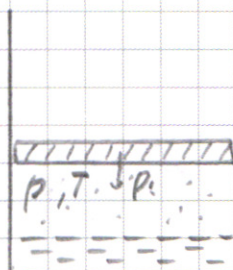


$$pV \cdot RT = pV \cdot \frac{m}{M} RT = \frac{pV}{M} RT$$

368

$$8.7 \cdot 10^{-13}$$

10^{-6}



$$p_1 V_1 = \frac{m - m_2}{M} RT \Rightarrow \frac{1}{4.7} V p_1 = \frac{m - m_2}{M} RT$$

$$\frac{m - m_2}{m} = \frac{p}{4.7 p_1} = \frac{1}{4.7}$$

35

$$pV = RT$$

$$\frac{H}{M} \cdot M = n \cdot R \cdot K \quad n = n_{\text{mol}} \cdot R \cdot K$$

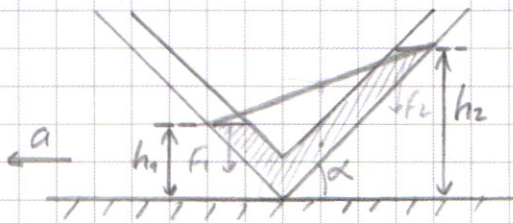
$$\frac{6}{146} \cdot 18 = 153$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ 45 \\ 368 \\ \times 1.87 \\ \hline 12576 \\ 2944 \\ \hline 32016 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153.00 \mid 3200 \\ \hline 905 \end{array}$$

$$153 \mid 32$$

4.



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

$$\begin{array}{r} 20.9 \mid 32 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$\frac{32}{258}$$

$$x = \frac{h_1 - h_2}{a} g$$

$$x \cdot h_1 \cos 45 + h_2 \cos 45 =$$

$$(h_1 - h_2) \frac{g}{a}$$

$$\frac{203}{32}$$

$$\begin{array}{r} 209.00 \mid 32 \\ \hline 185 \\ 12.0 \\ \hline 148 \\ 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 6 \\ \hline 222 \\ 27 \\ \hline 185 \end{array}$$

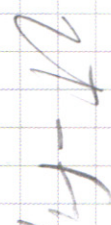
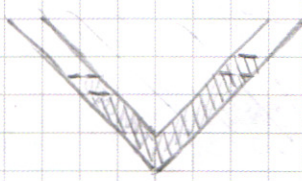
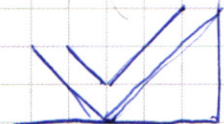
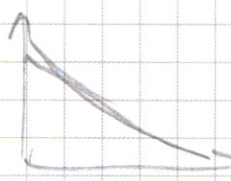
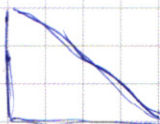
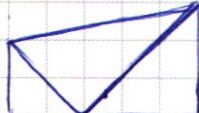
$$m_2 = \frac{32}{4.7} m$$

$$p_2 V_2 = \frac{32}{4.7} p_1 V_1$$

$$V_2 = \frac{32}{4.7} \frac{p_1 V_1}{p_2}$$

$\alpha = 4$

$$\frac{S}{F} = \frac{g}{a} \Rightarrow 0 = \frac{1}{5.9} g$$



☐ черновик

☐ чистовик

Страница №

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)



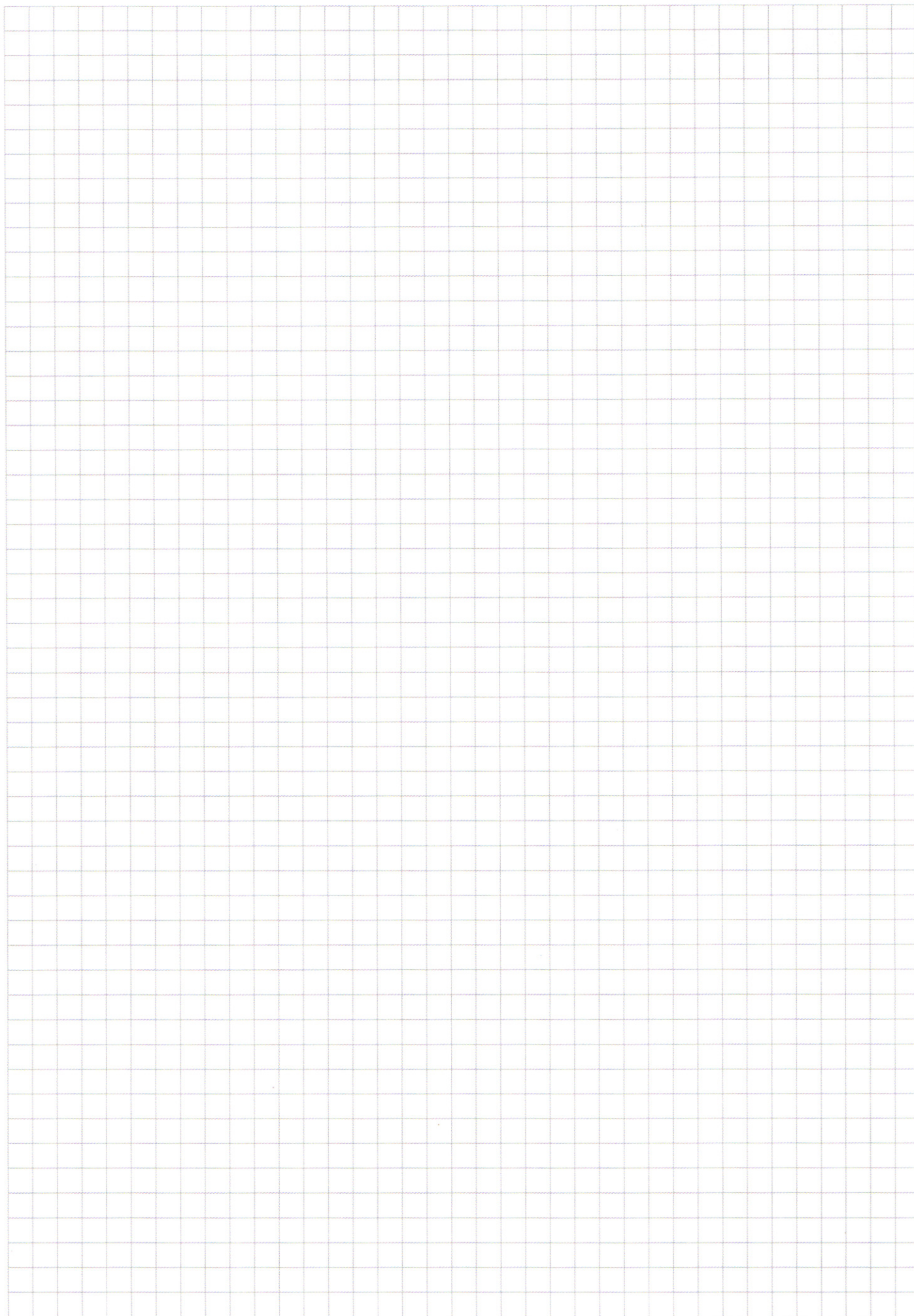
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

