

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

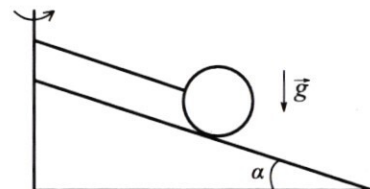
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

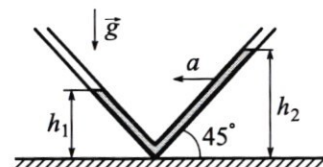


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

11.

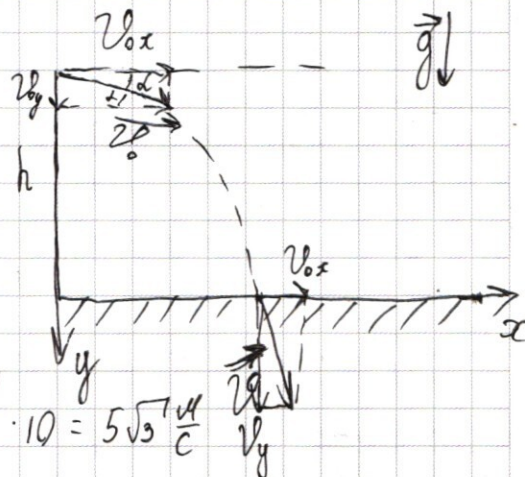
Дано:

$$V_0 = 10 \frac{м}{с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$V = 2V_0 = 20 \frac{м}{с}$$

1) П.к. в усл-ии сказано, что
гайка всё время приближалась
к поверх-ти земли, то
она была брошена так, как
показано на рисунке



1) V_y - ?

2) V_x - ?

3) h - ?

2) $V_{0x} = V_0 \cos \alpha = 10 \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 = 5\sqrt{3} \frac{м}{с}$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$V_x = V_{0x}$ (п.к. $\vec{g}$ перпендик. Ox)

$$V_y = \sqrt{V^2 - V_{0x}^2} = \sqrt{400 - 25 \cdot 3} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \frac{м}{с} \approx 5 \cdot 3,6 = 18 \frac{м}{с}$$

3) З.С. Э:

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{mV^2}{2}$$

$$V_0^2 + 2gh = V^2$$

$$h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} = \frac{400 - 100}{20} = \frac{300}{20} = 15 м$$

4) $\vec{V}_y = \vec{V}_{0y} + \vec{g}t$

$$V_y = V_{0y} + gt$$

$$t = \frac{V_y - V_{0y}}{g}; t = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \approx \frac{3,6 - 1}{2} \approx \frac{2,6}{2} \approx 1,3 с$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5 \frac{м}{с}$$

Ответ: ~~18 м/с~~; $18 \frac{м}{с}$; 1,3 с; 15 м.

№3.
Дано: 1) движение по L к поверхности - му
м клина

2) I з-к:
 $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$

II (по y): $N_y - mg_y = 0$
 $N_y = mg_y = mg \cos \alpha$

1) F_{g1} ?
2) F_{g2} ?
(ω) 3) $F_{g1} = N_y = mg \cos \alpha$;

4) Если шар не отрывается от клина:
От - ко клина: II з-к: $m\vec{g} + \vec{N} + m\vec{a} + \vec{T} = 0$
(по y): $N_y + ma_y = mg \cos \alpha$
 $N_y = mg \cos \alpha - ma_y$

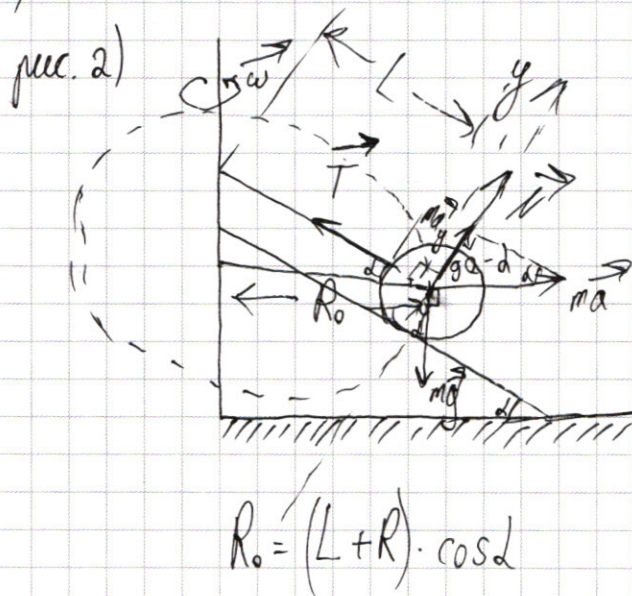
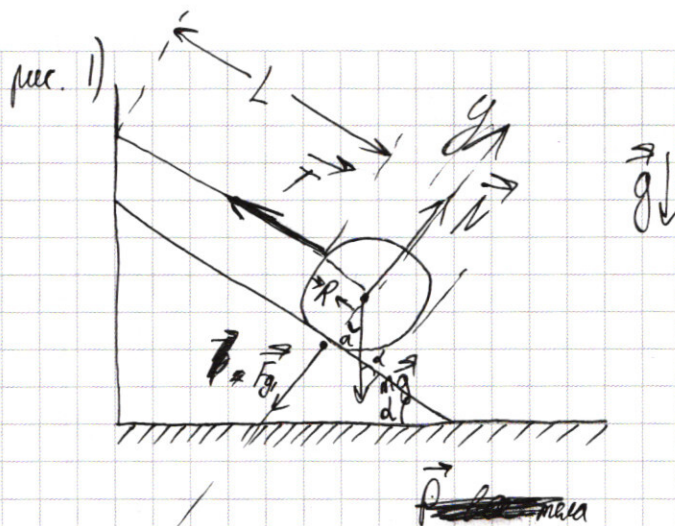
5) $a = a_{\text{центростремительная}} = \omega^2 R_0$;

$a_y = \omega^2 (L + R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha$

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

$F_{g2} = N_y = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$;

Ответ: $mg \cos \alpha$; $m \cdot \cos \alpha \cdot (g - \omega^2 (L + R) \sin \alpha)$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

12. Рассмотрим человека и ящик, как целое:

Дано: 1) $\vec{m}g + \vec{M}g + \vec{N} + \vec{F} + \vec{T} + \vec{F}_{fr} = (M+m)\vec{a}$

m
 $M=2m$
 S
 μ

1) F_0 - ?
2) F_{min} - ?
3) t - ? ($F > F_0$)

2) Рассмотрим ящик: II 3 - Н.

$\vec{M}g + \vec{m}g + \vec{N} + \vec{F}_{fr} + \vec{F}_{min} = 0$

(oy): $N = Mg + mg = 3mg$

(ox): $F_{min} = F_{fr} = \mu N = 3\mu mg$

3) Если $F > F_0$, где $F_0 = F_{min}$, тогда для ящика:
II 3 - Н.

$\vec{F} + \vec{m}g + \vec{M}g + \vec{N} + \vec{F}_{fr} = (M+m)\vec{a}$

(ox): $F - F_{fr} = (m+M)a \Rightarrow a = \frac{F - 3\mu mg}{3m}$

4) $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu mg}}$

Ответ: 1) $3mg$; 2) $3\mu mg$; 3) $\sqrt{\frac{6mS}{F - 3\mu mg}}$

№5.

Дано:

$$\rho = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$t = 27^\circ\text{C}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$1) \frac{p_n}{p_0} - ?$$

$$2) \frac{V_2}{V_1} - ?$$

$$2) V_2 \cdot 5,6 = V (\text{из уа.})$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$5,6 V_2 = V_1 + V_2$$

$$4,6 V_2 = V_1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4,6}$$

$$1) \rho \cdot V_n = \frac{m_n}{M} RT \quad | : V$$

$$\rho M = \frac{m_n}{V_n} RT$$

$$\rho M = p_n RT$$

$$p_n = \frac{\rho M}{RT}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{\rho M}{RT \cdot p_0} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3} = \frac{0,06390}{24930}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{0,06390}{24930} ; 2) \frac{1}{4,6}.$$



* V_2 - объем воды (жидкости)
увеличился в 5,6 раз от начального
 V_1 - объем газа (при условии, что температура постоянна)
2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

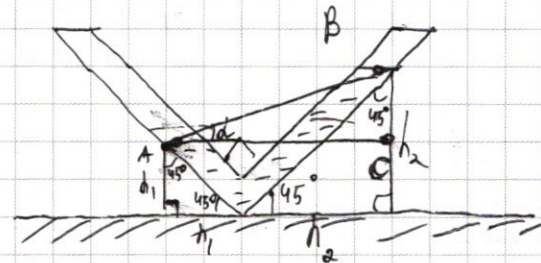
№4.

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_1 = 0,1 \text{ м}$$

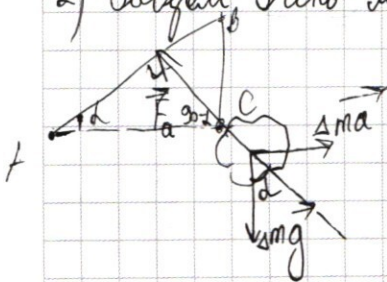
1) Будем считать, что колена трубки достаточно малы, тогда построим подобие $\triangle ABC$.



$$1) h_2 = ?$$

Здесь AB — «ур-ны»
«ур-ны высоты»
 $BC - \Delta h = h_2 - h_1$
 $AC = h_1 + h_2$ (из рис.)

2) Выберем очень маленький кусок трубки: применим F_a , действующая на него $\perp$ «ур-ны высоты»



из рис $\angle BAC = \alpha$; $\tan \alpha = \frac{\Delta m a}{\Delta m g} = \frac{a}{g}$;

3) также $\tan \alpha = \frac{\Delta h}{h_1 + h_2} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g}$;

$$(h_2 - h_1)g = (h_1 + h_2)a$$

$$h_2 g - h_2 a = h_1 a + h_1 g$$

$$h_2 = \frac{h_1(a+g)}{g-a} = \frac{0,1 \cdot 14}{6} = \frac{1,4}{6} = \frac{14}{60} = \frac{7}{30} \text{ м}$$

14.

(Задание 2);

1) Когда трубка получает ускорение, жидкость её начнет возмущаться в своё равновесное состояние;

Высота, на которой давления жидкостей выравниваются будет приблизительно равна:

$$H = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,1 + \frac{7}{30}}{2} = \frac{3 + 7}{60} = \frac{1}{6} \text{ м}$$

2) Обозначим H за высоту ур-нов.

Тогда:

З.С. Е:

$$mg(h_2 - H) = \frac{mv^2}{2}$$

$$\sqrt{2g(h_2 - H)} = v$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \left(\frac{7}{30} - \frac{1}{6}\right)} = \sqrt{20 \cdot \frac{7-5}{30}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 2}{30}} = \sqrt{\frac{4}{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $\frac{1}{30}$ м

2) $\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\rho, \text{М}$

$$\rho = 3,55 \cdot 10^3 \text{Па}$$

$$T = 300 \text{К}$$

считаем

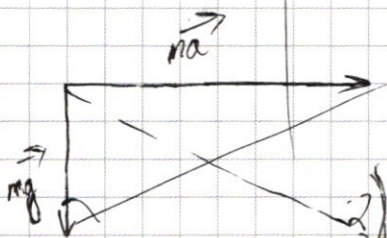
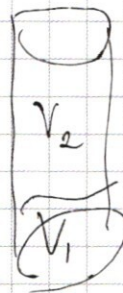
$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho VM = m RT \quad | : V$$

$$\rho M = \rho RT$$

$$\rho = \frac{\rho M}{RT} = \frac{3550 \cdot 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{мол}}}{8,31 \cdot 300} =$$

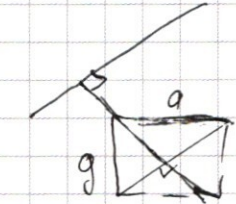
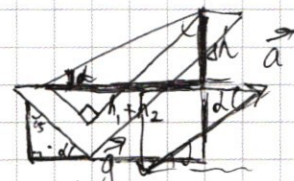
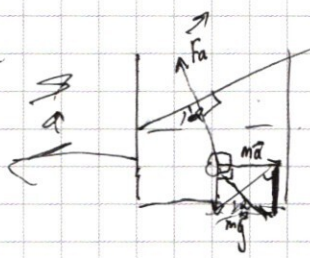


$$5,6 V_2 = V = V_1 + V_2$$

$$4,6 V_2 = V_1 \quad | : V_1$$

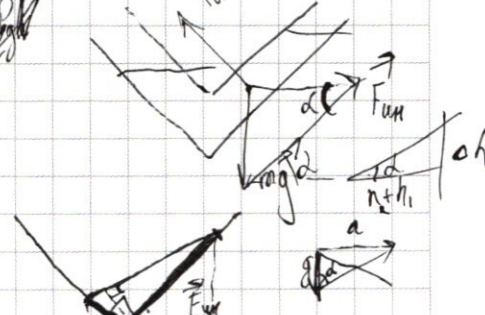
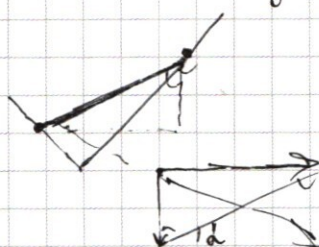
$$4,6 \frac{V_2}{V_1} = 1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4,6}$$



$$\text{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$



$$\begin{array}{r} 140 \overline{) 60} \\ 120 \overline{) 0,23333} \\ 800 \\ 180 \\ 20 \end{array}$$

$$h_2 a - h_1 a = h_1 g + h_2 g \quad \text{tg} = \frac{a}{g}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{\Delta h}{h_1 + h_2} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{a}{g}$$

$$h_2 g - h_1 g$$

$$\text{tg} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

$$\Delta h_2 = 1,4$$

$$h_2 = \frac{1,4}{6} = \frac{14}{60} = 0,2333$$

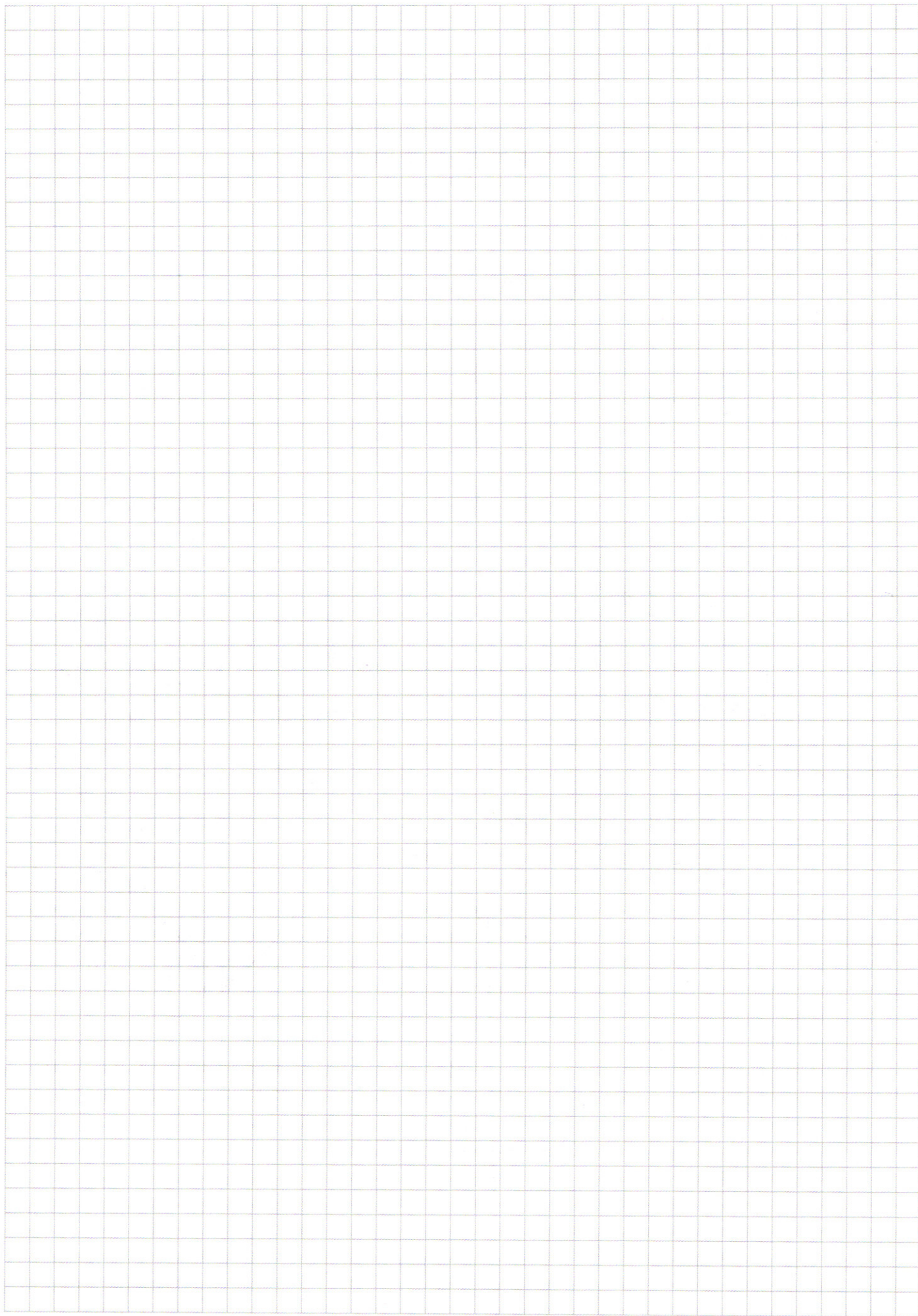
$$(h_2 - h_1)g = (h_2 + h_1)a$$

$$h_2 g - h_1 g = h_1 a + h_2 a$$

$$h_2(g - a) = h_1(a + g)$$

$$h_2 g - h_1 g = h_2 a + h_1 a$$

$$h_2(g - a) = h_1(a + g)$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v = 2v_0 = 20 \frac{м}{с}$

1) v_x - ?
 2) v_y - ?
 3) h - ?

3) $\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}$
 $v_0^2 + 2gh = v^2$
 $2gh = 3v_0^2$
 $h = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{300}{20} = 15 м$

$4v_0^2 = v_0^2 + (gt)^2 - 2v_0gt \cos 120^\circ$
 $g^2t^2 - 2v_0g \cos 120^\circ t - 3v_0^2 = 0$
 $D = 4v_0^2 g^2$

$F_g = p \cdot S$
 $p = \frac{F}{S}$

13.
 $a_y = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$

1) F_g - ?
 2) $\vec{\omega}$

$\cos 120^\circ$

$2\vec{v}_0 = \vec{v}_0 + \vec{g}t$

$4v_0^2 = v_0^2 + (gt)^2 - 2v_0gt$

$F_g = mg \cos \alpha$

4.

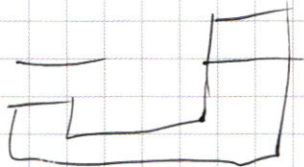
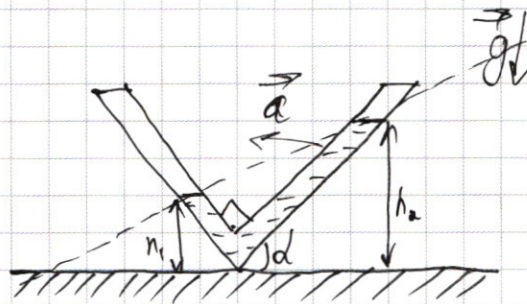
$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$h_1 = 210 \text{ м}$$

1) h_2 - ?

2) V - ?

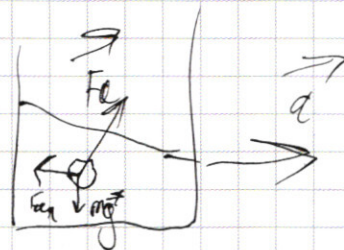


$$\frac{1}{46} \quad \frac{10}{46}$$

$$\frac{100 \cdot 46}{92 \cdot 2,0} = 80$$

$$mg(h_2 - H) = \frac{mv^2}{2}$$

$$\sqrt{2g(h_2 - H)} = v$$



2.

$$S \quad 1) F_g = (m + M)g = 3mg$$

m

$$M = 2m$$

$$2) F_{fr} = 3\mu mg;$$

μ

$$F_{rim} = F_{fr} = 3\mu mg$$

$$1) F_g - ?$$

$$2) F_{rim}$$

$$3) t - ? (F)$$

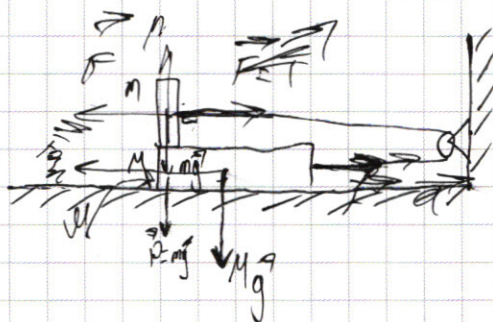
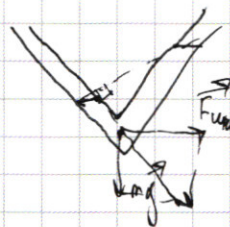
$$3) F > F_{min}:$$

$$3m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_{fr}$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\varphi = \frac{p_n}{p_{n.п}}$$

$$p_n = p_{n.п}$$



$$\frac{63,9}{2493} \cdot 1000$$

$$\begin{array}{r} \times 3550 \\ 0,018 \\ \hline 28400 \\ 3550 \\ \hline 63,900 \end{array}$$

$$V \downarrow \Rightarrow p_n \downarrow$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{m_n}{p_0 \cdot V_n} = \frac{pM}{p_0 RT}$$

$$\begin{array}{r} \times 300 \\ 8,31 \\ \hline 300 \\ 2400 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,55 \\ 0,018 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 0,063900000 \\ \hline 2493000000 \\ 300,00 \end{array}$$