

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

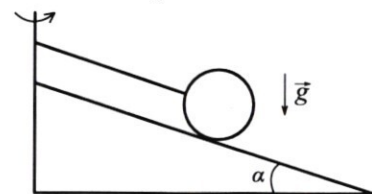
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

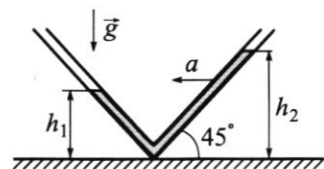


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

~1

Дано: $V_0 = 10 \frac{м}{с}$; $\angle = 30^\circ$; $g = 10 \frac{м}{с^2}$

Решение:

1) $V_y = ?$
2) $t = ?$
3) $h = ?$

$$V_x = V_0 \cdot \cos \angle$$

$$V_y^2 + V_x^2 = (2V_0)^2$$

$$V_y^2 + V_0^2 \cos^2 \angle = 4V_0^2$$

$$V_y^2 = V_0^2 (4 - \cos^2 \angle)$$

$$V_y = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \angle}$$

$$V_y = 5\sqrt{13} \frac{м}{с} \approx 17,5 \frac{м}{с}$$

$$V_y = V_{0y} + g t; t = \frac{V_y - V_{0y}}{g}; t = \frac{V_0}{g} \cdot (\sqrt{4 - \cos^2 \angle} - \sin \angle)$$

По закону сохранения энергии, $t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} с \approx 1,25 с$

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m4V_0^2}{2}$$

$$gh = \frac{3V_0^2}{2}; h = \frac{3V_0^2}{2g}; h = 15 м$$

Ответ: $17,5 \frac{м}{с}$; $1,25 с$; $15 м$

~3

Дано: $m, R, \angle, \omega$
 L, ω

Решение:

1) $N_0 = ?$
2) $N = ?$

$$O_{y1}: 0 = N_0 - mg \cdot \frac{L}{R} \cdot \cos \angle$$

$$N_0 = mg \cos \angle$$

$$O_{y2}: -ma \cdot \sin \angle = N - mg \cos \angle$$

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

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

Ответ: $N_0 = mg \cos L$; $N = m \cdot (g \cos L - \omega^2 \cdot (R+L) \cdot \sin L \cdot \cos L)$.

~5.

Дано:

$t_H = 27^\circ \text{C}$.

$P_H = 3550 \text{ Па}$.

$\gamma = 5,6$.

$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$T = \text{const.}$

1) $\frac{\rho_H}{\rho_B} = ?$

2) $\frac{V_H}{V_B} = ?$

Решение:

$$V \cdot \rho_H = \frac{m_H}{\mu} RT; \rho_H = \frac{P_H}{RT}; \rho_H = \frac{P_H \cdot \mu}{R \cdot T}$$

$$\frac{\rho_H}{\rho_B} = \frac{P_H \cdot \mu}{P_B \cdot R \cdot T}; \frac{\rho_H}{\rho_B} = 25,6 \cdot 10^{-6}$$

$$V_H \cdot \gamma = V; (V - \text{измеш. объем});$$

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B}; m_B = \rho_H \cdot (V - V_H) = \rho_H \cdot V_H \cdot (\gamma - 1)$$

$$V_B = \frac{\rho_H}{\rho_B} \cdot V_H \cdot (\gamma - 1) = \frac{P_H \cdot \mu}{R T \rho_B} \cdot V_H \cdot (\gamma - 1)$$

$$\frac{V_H}{V_B} = \frac{V_H}{\frac{\rho_H}{\rho_B} \cdot (\gamma - 1) V_H} = \frac{\rho_B R T}{P_H \cdot \mu \cdot (\gamma - 1)}$$

$$\frac{V_H}{V_B} = 8490,9. \text{ Ответ: } \frac{\rho_H}{\rho_B} = 25,6 \cdot 10^{-6}; \frac{V_H}{V_B} = 8490,9.$$

~2.

Дано:

$S; m; M = 2m;$

$\mu; F; F_0; F$

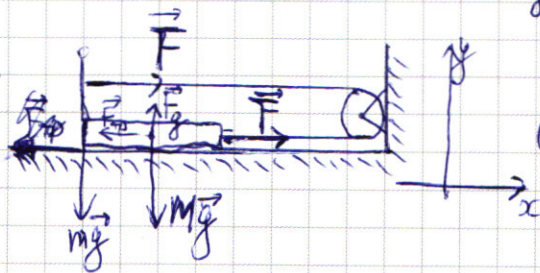
1) $F_g = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $t = ?$

$F > F_0$

Решение:



$$O_y: 0 = F_g - mg - Mg;$$

$$F_g = 3mg.$$

$$O_x: 0 = 2F_0 - F_{\text{тр}};$$

$$F_{\text{тр}} = 3\mu mg = F_g \cdot \mu;$$

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

$$O_x: 3ma = 2F - F_{\text{тр}}; a = \frac{2F}{3m} - \mu g;$$

$$S = \frac{at^2}{2}; t = \sqrt{\frac{2S}{a}}; t = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - \mu g}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}.$$

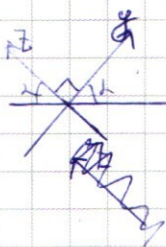
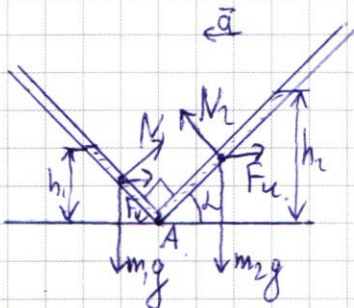
Ответ: $F_g = 3mg$; $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$; $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4
Дано:
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$
 $L = 4,50$

$a = 4 \frac{м}{с^2}$
 $h_1 = 10 \text{ см}$
1) $h_2 = ?$
2) $V = ?$

Решение:



m_1 - масса масла в левой части трубки,
 m_2 - масса масла в правой части тр.
вс.о. трубки

$$Q_y: \sum \vec{F} = 0 = N_1 - m_1 g \cos L + F_{u1} \cos L;$$

$$0 = N_2 - m_2 g \cos L - F_{u2} \cos L.$$

~~Решение:~~

$$N_1 = m_1 g \cos L + m_1 a \cos L = m_1 \cos L (g + a)$$

$$N_2 = (m_2 g \cos L + m_2 a \cos L) = m_2 \cos L (g + a)$$

$$m_1 = M \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2}$$

$$m_2 = M \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2}$$

M - масса
всего масла

вс.о. трубки
для маленькой высоты масла $m_1 \rightarrow 0$ в т.А:

$$Q: 0 = N_1 \cos L - N_2 \cos L; \quad N_1 = N_2;$$

$$m_1 \cos L (g + a) = m_2 \cos L (g + a)$$

$$M \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2} (g + a) = M \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2} (g + a)$$

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

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{g - a}{a + g} = \frac{h_1}{h_2}; \quad h_2 = h_1 \cdot \frac{a + g}{g - a}; \quad h_2 = \frac{7}{3} 23,3 \text{ см}$$

$$m_1 = M \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2};$$

$$m_2 = M \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2};$$

по закону сохранения энергии:

$$E_{п1} = E_{п2} + E_{к2};$$

$$E_{п1} = (m_2 - m_1) \cdot g \cdot \frac{1}{2}(h_2 - h_1); \quad E_{п2} = \frac{1}{2}(m_2 - m_1) \cdot g \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{2} - h_1\right);$$

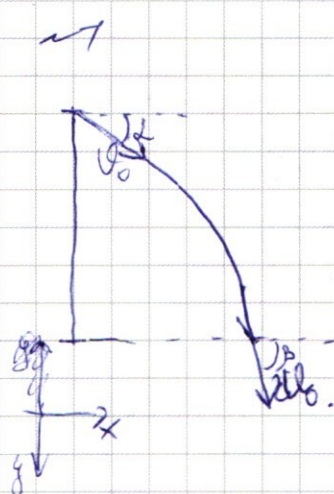
$$E_{к2} = \frac{Mv^2}{2};$$

$$\frac{Mg(h_2 - h_1)^2}{2(h_2 + h_1)} = \frac{Mg\left(\frac{h_2}{2} - \frac{3h_1}{2}\right)}{2(h_2 + h_1)} + \frac{Mv^2}{2};$$

$$\frac{g(h_2 - h_1)^2}{h_2 + h_1} = \frac{1}{2}g \frac{(h_2 - 3h_1)}{h_2 + h_1} + v^2.$$

$$v^2 = \frac{g(h_2 - h_1)^2}{h_2 + h_1} - \frac{g(h_2 - 3h_1)}{2(h_2 + h_1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: $V_0 = 10 \frac{м}{с}$; $\alpha = 30^\circ$; $2V_0$

у: $h = 0 + V_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2}$

$2V_0 \sin \alpha = V_0 \sin \alpha + gt$

$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m \cdot 4V_0^2}{2}$; $gh + \frac{V_0^2}{2} = 2V_0^2$

$gh = \frac{3}{2} V_0^2$; $h = \frac{3V_0^2}{2g}$

$\frac{1}{2}gt^2 + V_0 \sin \alpha \cdot t - h = 0$

$t = \frac{-V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g}$; $t = \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 3V_0^2}}{g}$

$t = \frac{-V_0 \sin \alpha + V_0 \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + 3}}{g} = \frac{V_0}{g} \cdot (\sqrt{\sin^2 \alpha + 3} - \sin \alpha)$

$V_x = V_0 \cos \alpha$; $4V_0^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + V_y^2$

$V_y^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha$

$V_y = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$



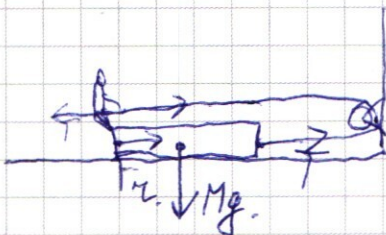
н2.

S, m

M = 2m

μ.

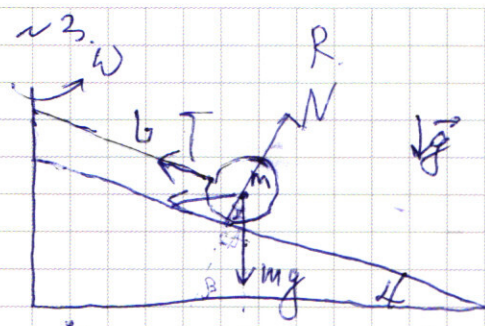
N = ?



$V_y = V_{0y} + gt$
 $t = \frac{V_y - V_{0y}}{g}$

$t = \frac{V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - V_0 \sin \alpha}{g}$

$t = \frac{V_0}{g} \cdot (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)$



$$1) y = 0 = N - mg \cdot \frac{1}{\cos L}$$

$$N = \frac{mg}{\cos L}$$

$$2) \cos(L + \varphi) = r$$

$$v = \omega(R + r)$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$$

$$a_y =$$

$$-ma_y = N - mg \cdot \frac{1}{\cos L}$$

$$-ma \sin L + mg \cdot \frac{1}{\cos L} = N$$

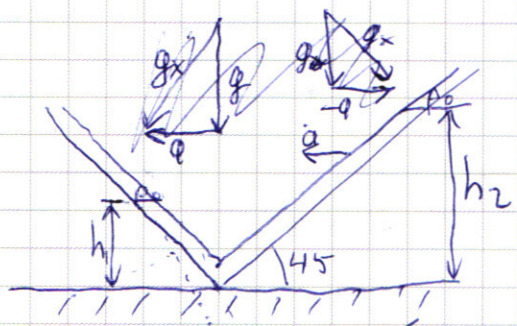
$$N = m \left(\frac{g}{\cos L} - \omega^2 r \cdot \sin L \right)$$

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

$$\begin{array}{r} 71 \overline{) 277} \\ 0 \overline{) 2563} \\ 44 - 0 \\ \hline 355 - 710 \\ 0,18 - 534 \\ \hline 2840 - 1560 \\ + 355 - 1385 \\ \hline 6390 - 1750 \\ \hline 6390 \overline{) 83100} \\ 0,0768^{21} \\ \hline 639000 \\ - 581700 \\ \hline 573000 \\ - 498600 \\ \hline 74400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 837 \overline{) 3277} \\ 23 \\ \hline 21 \\ \hline 21 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8000000 \overline{) 6} \\ 30 \\ \hline 50000 \end{array}$$



$$g_x = a_{\text{центр}} = g - a$$

$$g \cdot h_1$$

$$\tan \beta = 2,5$$

$$g \cdot h_1 \cdot \sin \beta = g \cdot h_2 \cdot \sin \beta$$

$$\frac{3550 \cdot 0,018}{1000} = 8,31 \cdot 300,15$$

$$\frac{355 \cdot 0,18}{831 \cdot 300,15} =$$

$$= \frac{355 \cdot 18}{831 \cdot 300000}$$

$$= \frac{355 \cdot 6}{277 \cdot 300000}$$

$$V_1 \cdot p = \frac{m}{M} RT$$

$$T = \text{const}$$

$$p = \frac{p}{M} RT$$

$$p = \frac{p \cdot M}{RT}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{p \cdot M}{p_0 \cdot RT}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p \cdot V_{12} = p_0 \cdot V_0$$

$$\frac{pM}{RT} = \frac{m}{V}$$

$$\frac{m}{V} = \frac{m_2}{V_{12}}$$

$$m_2 = \frac{m_1}{\gamma}$$

$$\frac{V_2 \cdot p}{V_1 \cdot p} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{RT}{RT}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{3550 \cdot 0,018}{1000} = 8,31 \cdot 300$$

$$p = \frac{m}{VM} RT$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p_H =$$

$$p = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T;$$

$$V - V_H = V_H \gamma - V_H = V_H (\gamma - 1)$$

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0}; \quad m_0 = \Delta V_H \cdot \rho_H$$

$$V_0 = \frac{\rho_H}{\rho_0} \cdot \Delta V_H = \frac{\rho_H}{\rho_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \cdot V_1 =$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{V_1}{\frac{\rho_H}{\rho_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\rho_0 \cdot V_1}{\rho_H \cdot \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\rho_0 \cdot V_1 \cdot R \cdot T}{\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \cdot \rho \cdot \mu}$$

$$1000 \cdot 8,31 \cdot 300$$

$$3550 \cdot 0,018 \cdot 4,6$$

$$831 \cdot 3 \cdot 10^3$$

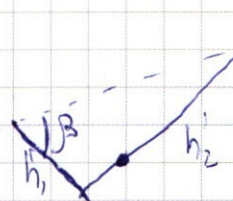
$$355 \cdot 46 \cdot 0,018$$

$$831 \cdot 3 \cdot 10^6$$

$$355 \cdot 46 \cdot 18$$

$$831 \cdot 10^6$$

$$355 \cdot 46 \cdot 6$$



$$\tan \beta = \frac{h_2}{h_1}$$



$$\rho g h_1 + m a = \rho g h_2$$

$$\rho g h_1 + F_{\text{из}} \frac{F_{\text{из}}}{S} = \rho g h_2$$

$$m_1 g + p_0 \cdot S = m_2 g h_2 + p_0 \cdot S$$

$$\rho g h_1 + F_{\text{из}} \frac{F_{\text{из}}}{S} = \rho g h_2$$

$$\rho g V_1 + F_{\text{из}} = \rho g V_2$$

$$m_1 g + F_{\text{из}} = m_2 g$$

$$L = \cos$$

$$\sin L = \frac{h_2}{L}; \quad L_2 = \frac{h_2}{\sin L}$$

$$L = \frac{h_1 + h_2}{\sin L}; \quad m_1 = m \cdot \frac{L_1}{L} = \frac{h_1}{\sin L} \cdot \frac{\sin L}{h_1 + h_2}$$

$$m_1 = m \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2}$$

$$m_2 = \frac{m h_2}{h_1 + h_2}$$

$$m \frac{h_1}{h_1 + h_2} g + m a = m \frac{h_2}{h_1 + h_2} g$$

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

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

$$h_1^2 g + h_1 g h_2 + a = h_1 g h_2 + h_2^2 g$$

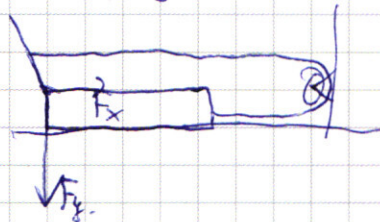
$$h_1^2 g + a - h_2^2 g = 0 \quad h_1^2 g + a h_1 + a h_2 = h_2^2 g$$

$$h_2^2 g = h_1^2 g + a h_1 + a h_2 \quad h_2^2 g - a h_2 - (h_1^2 g + a h_1) = 0$$

$$h_2 = a \quad h_1 g + a h_1 + a h_2 = h_2 g; \quad h_1 (g+a) = h_2 (g-a)$$

$$h_1 g + a h_1 \cos L + a h_2 \cos L = h_2 g;$$

$$h_1 (g + a \cos L) = h_2 (g - a \cos L)$$



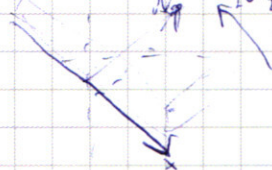
$$m_1 = m_2$$

$$m_1 g = N_2 \cdot \cos L$$

$$\frac{m_1 g}{\cos L} + m g = \frac{m_2 g}{\cos L}$$

$$0 = m_1 g \cdot \frac{1}{\sin L} + m_1 a \cos L -$$

$$m_1 g \cdot \frac{1}{\sin L} + m a = \frac{m_2 g}{\sin L}$$



$$\frac{h_2 - h_1}{2} = h_3$$

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

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

$$13 = x^2$$

$$\times 3,5$$

$$+ 17,5$$

$$10,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$\times 3,5$$

$$+ 17,5$$

$$10,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

$$12,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$F_{\text{тр}} = T; \mu N/3$

$F_{\text{тр}} = \mu N/3$

$F = mg$

$2F = F_{\text{тр}};$

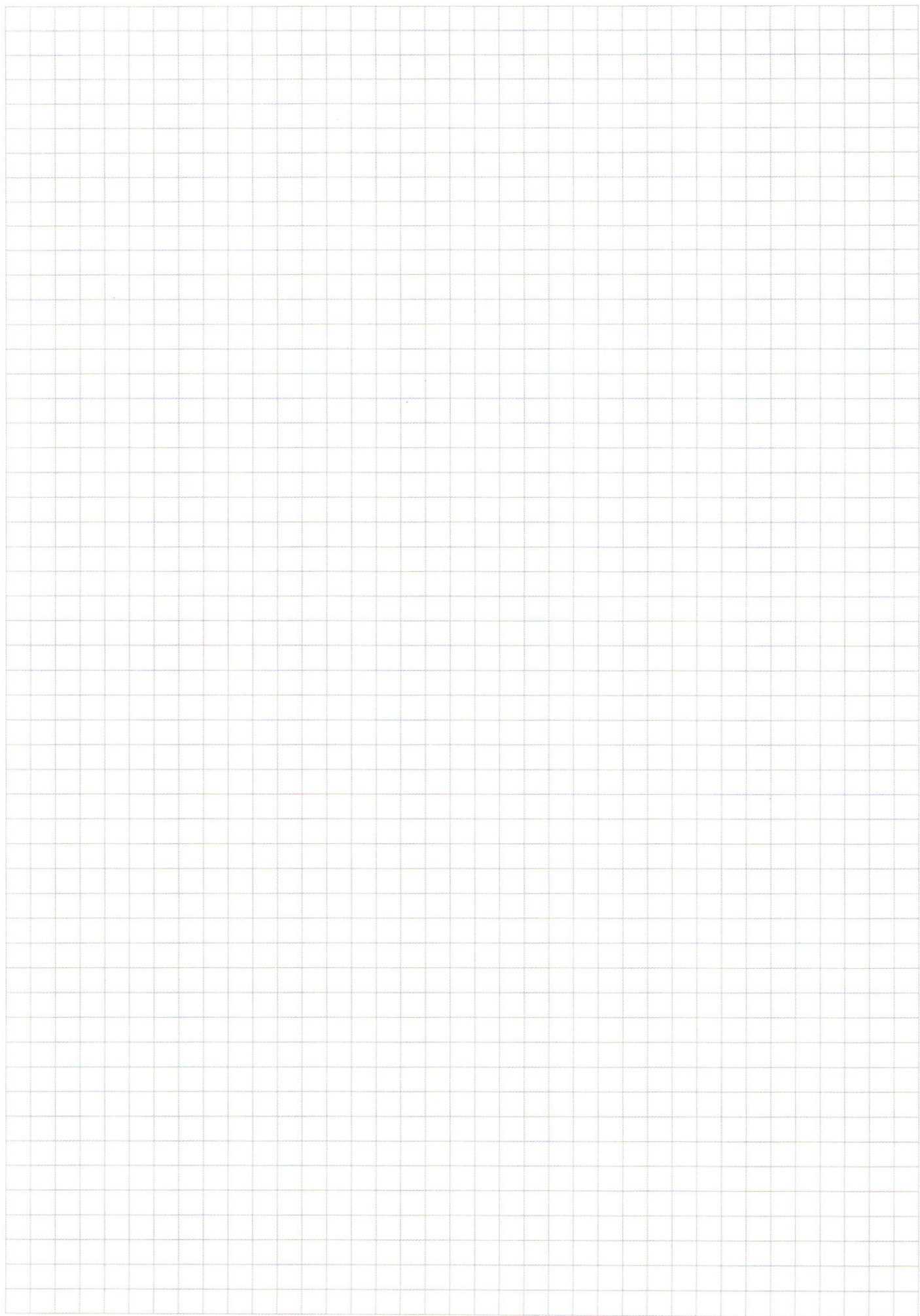
$2F = 3\mu g;$

$F = \frac{3}{2}\mu mg.$

$$3ma = 2F - F_{\text{тр}} = 2F - 3\mu mg;$$

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

$$S = \frac{at^2}{2}; \quad \frac{2S}{a} = t^2; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{\left(\frac{2F}{3m} - \mu g\right)}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}.$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)