

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

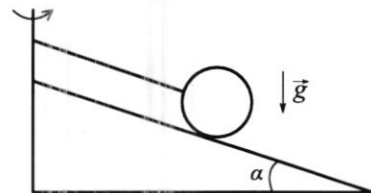
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

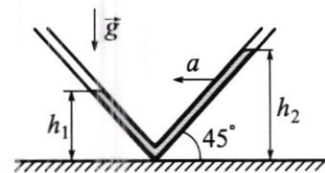
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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.

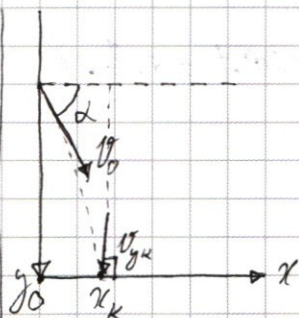
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1
Дано:
 $v_0 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_k = 2,5 v_0$

1) v_{yk} - ?
2) t - ?
3) Δx - ?



Введем систему координат такую, чтобы
 $x_0 = 0$; $y_0 = 0$; $v_{0y} \parallel y$; $v_{0x} \parallel x$; $x \perp y$;
 $v_x = v_0 \cos \alpha$.

Ох | $v_x = \text{const} = v_0 \cos 60^\circ$; $x = x_0 + v_x t$

Оу | $a = g$

$$v_y = v_{0y} + gt = v_0 \sin 60^\circ + gt$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0^2 = v_{0y}^2 + v_x^2$$

$$v_k^2 = v_x^2 + (v_{0y} + gt)^2$$

$$\sqrt{v_x^2 + (v_{0y} + gt)^2} = \frac{5}{2} \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2} \quad |^2$$

$$v_x^2 + v_{0y}^2 + 2v_{0y}gt + g^2t^2 = \frac{25}{4}v_x^2 + \frac{25}{4}v_{0y}^2$$

Обозначим $gt = z$, $z \geq 0$

$$2v_{0y}z + z^2 = \frac{21}{4}v_x^2 + \frac{21}{4}v_{0y}^2$$

$$2v_0 \sin 60^\circ z + z^2 = \frac{21}{4}v_0^2 \sin^2 60^\circ + \frac{21}{4}v_0^2 \cos^2 60^\circ$$

$$z^2 + 8\sqrt{3}z - \frac{21}{4}\left(\frac{67}{4} + \frac{67}{4}\right) = 0$$

$$z^2 + 8\sqrt{3}z - 336 = 0$$

$$D = 64 \cdot 3 + 336 \cdot 4 = 16^2 \cdot 56^2$$

$$z_1 = \frac{-8\sqrt{3} - 16\sqrt{56}}{2} < 0 \Rightarrow \text{не является решением}$$

$$z_2 = \frac{16\sqrt{56} - 8\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)$$

$$Z = gt = 4\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1); \sqrt{3} \approx 1,75; \sqrt{2} \approx 1,4$$

$$gt = 7 \cdot 1,8 = 12,6 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{gt}{g} = \frac{12,6}{10} = 1,26 \text{ с}$$

$$v_{y_k} = v_0 \sin 60^\circ + gt = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 12,6 \approx 19,6 \text{ м/с}$$

$$\Delta x = x - x_0 = x_0 + v_x t - x_0 = v_x t = v_0 \cos 60^\circ \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,26 = 5,04 \text{ м}$$

Ответ: 1). $v_{y_k} \approx 19,6 \text{ м/с}$

2). $t \approx 1,26 \text{ с}$

3). $\Delta x \approx 5,04 \text{ м}$

N 2

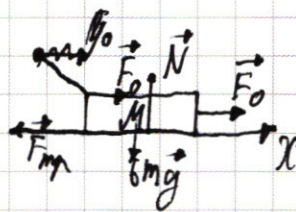
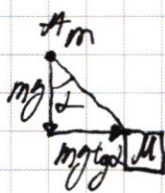
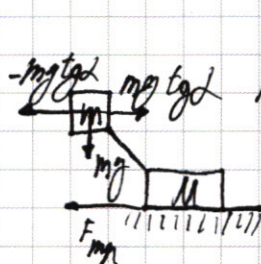
Дано:

$$S, m, M = 5m, \mu, F > F_0$$

1) P_M - ?

2) F_0 - ?

3). v_F - ?



чтобы человек оставался в равновесии, сила с которой он тянет канат должна быть равна силе с которой он упирается в шпатель.

$$P_m = mg$$

$$\textcircled{1} P_M = P_m + Mg = mg + 5mg = 6mg$$

$$N = P_{mM} = 6mg$$

$$\text{от } F_0 = F_{тр} - F_0 \text{ по 3-му закону}$$

$$2F_0 = F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu 6mg$$

$$\textcircled{2} F_0 = \frac{\mu 6mg}{2} = 3\mu mg$$

$$S = \frac{v_F^2 - v_0^2}{2a_F} = \frac{v_F^2}{2a_F} \Rightarrow v_F = \sqrt{2a_F S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2-й закон Ньютона: $(m+M)a_F = F - (F_{\text{тр}} - F) = 2F - F_{\text{тр}}$

$$a_F = \frac{2F - F_{\text{тр}}}{m+M} = \frac{2F - F_{\text{тр}}}{6m}$$

$$(3) v_F = \sqrt{2Sa_F} = \sqrt{2S \frac{2F - F_{\text{тр}}}{6m}} = \sqrt{S \frac{2F - F_{\text{тр}}}{3m}} = \sqrt{S \frac{2F - 6\mu mg}{3m}}$$

Ответ:

1. $P_{\text{тр}} = 6\mu mg$

2. $F_0 = 3\mu mg$

3. ~~$v_F = \sqrt{S \frac{2F - F_{\text{тр}}}{3m}}$~~

3. $v_F = \sqrt{S \frac{2F - 6\mu mg}{3m}}$

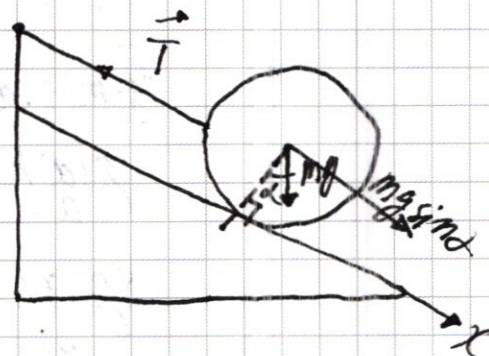
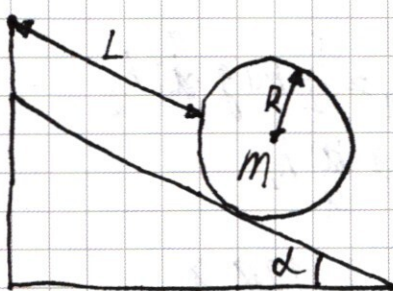
№ 3

Дано:

m, R, L, α, ω

1. T_0 - ?

2. T_{ω} - ?



1. $T_0 + mg \sin \alpha = 0 \quad | \cdot x$
 $T_0 = -mg \sin \alpha$

2. $T_{\omega} - mg \sin \alpha = ma$
 $a = a_n$
 $a_n = \omega^2(R+L)$

$$T_{\omega} = m(g \sin \alpha + \omega^2(R+L))$$

Ответ: 2. $T_{\omega} = m(g \sin \alpha + \omega^2(R+L))$; 1. $T_0 = -mg \sin \alpha$

✓ 4 Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

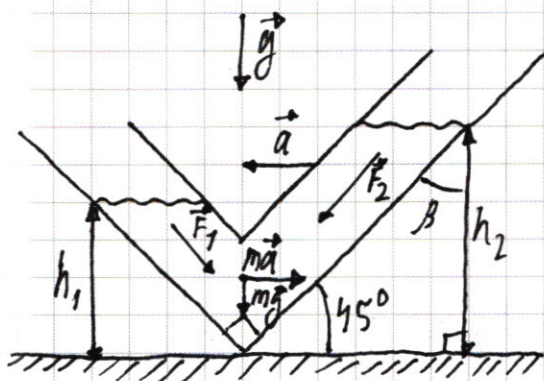
$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1. a - ?

2. v_{max} - ?



$$\angle \beta = 90^\circ - \angle \alpha = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

$$F_1 = mg \sin \alpha + ma \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} m(g+a)$$

$$F_2 = mg \sin \alpha - ma \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} m(g-a)$$

уровни масла постоянны $\Rightarrow$ система находится в равновесии $\Rightarrow$ моменты силы равны

$$F_1 h_1 = F_2 h_2$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} m(g+a) h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} m(g-a) h_2$$

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

$$\frac{1}{\sqrt{10}}$$

$$\sqrt{10} = \sqrt{5} \cdot \sqrt{2}$$

$$8g + 8a = 12g - 12a$$

$$4g = 20a$$

$$a = \frac{4}{20}g = \frac{1}{5}g = 2 \text{ м/с}^2$$

масло

когда a внезапно пропадёт, уровень воды начнёт выравниваться и достигнет максимальной скорости

когда $h_1 = h_2$

$$\Delta h = \frac{h_2 - h_1}{2} = 2 \text{ см}$$

$$h_2 = h_1 + \Delta h = h_2 - \Delta h = 10 \text{ см}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

$$\Delta h = \frac{v_{\text{max}}^2 - v_0^2}{2g} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2g}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,02 \text{ м}} = \sqrt{0,4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \sqrt{0,4} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2\sqrt{0,1} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1). $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{0,4} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

№5

Дано:

$$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \eta_{\text{кп}} = \frac{V_{\text{н}}}{V_0} = 4,7$$

$$\mu = 18^2 / \text{моль} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$P = 85000 \text{ Па}$$

$$T = \text{const} = 295^\circ \text{C} = 368^\circ \text{K}$$

$$\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = ? \quad ①$$

$$2). \quad \frac{V_{\text{пк}}}{V_0}$$

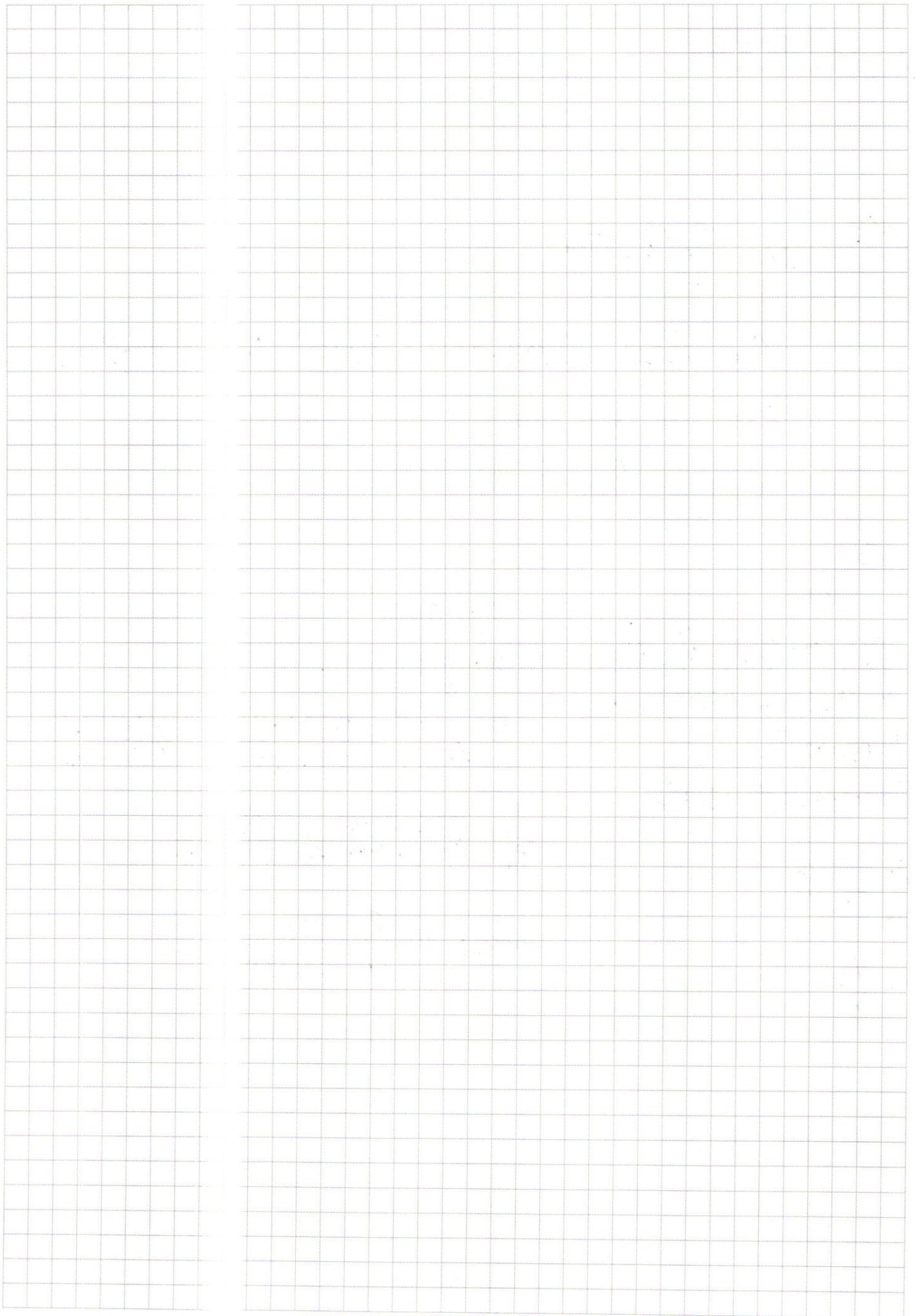
$$PV = \nu RT$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\frac{m}{V} = \rho_{\text{п}} = \frac{P\mu}{RT} = \frac{85000 \cdot 0,018}{8,3 \cdot 368} = \frac{765}{14612} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = \frac{765 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{14612 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{153}{2922400}$$

$$\text{Ответ: 1). } \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_0} = \frac{153}{2922400}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_1 h_1 = F_2 h_2$$

$$371 - 5 = 368$$

$$N5$$

$$664 \cdot 23 = 664 \cdot 20 + 664 \cdot 3$$

$$8 \frac{\sqrt{2}}{2} m (g+a) = 12 \frac{\sqrt{2}}{2} m (g-a)$$

$$8g + 8a = 12g - 12a$$

$$20a = 4g$$

$$a = \frac{1}{5}g = 2 \frac{m}{c^2}$$

$$PV = nRT$$

$$\frac{m}{M}$$

$$+ 664 \cdot 3 = 6640 \cdot 2 + \dots$$

$$= 83 \cdot 184 =$$

$$166 \cdot 92 = 332 \cdot 46 =$$

$$= 664 \cdot 23 = 850 - 85 = 765$$

$$\frac{PM}{RT} = \rho$$

$$\rho = 8,5 \cdot 10^4$$

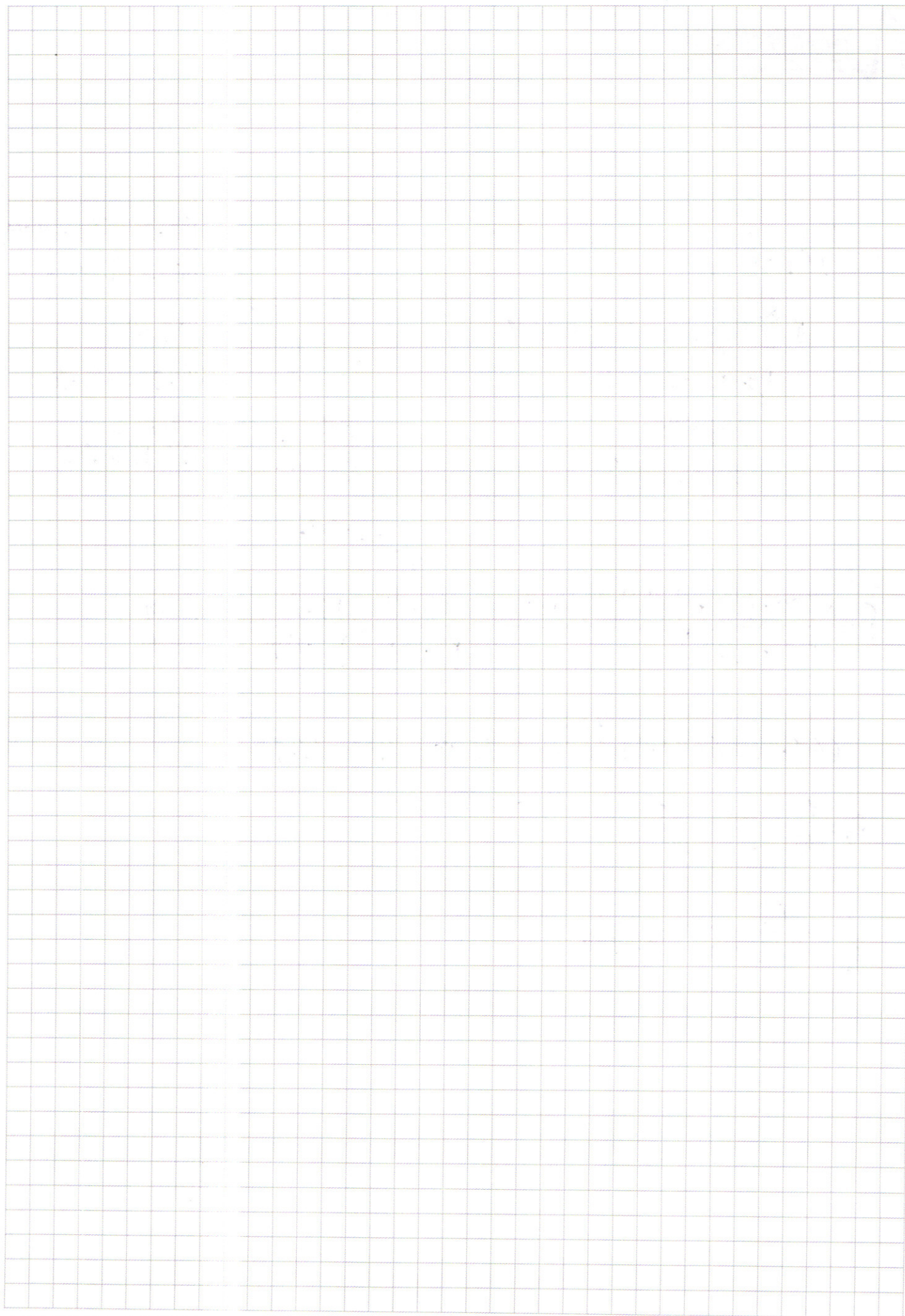
$$\rho = \frac{85000 \text{ Па} \cdot 0,18 \text{ м/моль}}{8,3 \cdot 368 \text{ К}} = \frac{85 \cdot 18}{8,3 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 9}{8,3 \cdot 184} = \frac{765}{19612} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$664 \cdot 23 = 6640 \cdot 2 + 664 \cdot 3 = 13280 + 1332 = 14612$$

$$\rho_0 = \frac{12}{\text{м}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$76,5 \cdot 2 = 153$$

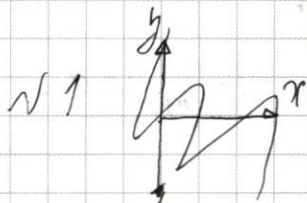
$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{765}{19612000} = \frac{153}{2922900}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{175}{175} = 1$$

$$175 \cdot 200 - 175 \cdot 25 = 17500 \cdot 2 - \frac{17500}{4} = 35000 - 4375 = 30625$$

$$0x1 \quad v_x = \text{const} = \cos 60^\circ \cdot v_0 = \frac{1}{2} \cdot 8 \text{ м/с} = 4 \text{ м/с}$$

$$0y1 \quad a = +g$$

$$v_y = v_{0y} + gt = v_0 \sin 60^\circ + gt = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 + gt$$

$$= 4\sqrt{3} \text{ м/с} + g t \approx 19,6 \text{ м/с} \quad 1,4^2 = 1,96$$

$$v_k = 2,5 \quad v_0 = 8 \cdot \frac{5}{2} = 20 \text{ м/с}$$

$$1,75^2 =$$

$$\sqrt{2} = 1,4$$

$$(v_{0y} + gt) = ?$$

$$t = ?$$

$$x = ?$$

$$\sqrt{v_x^2 + (v_{0y} + gt)^2} = \frac{5}{2} \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2}$$

$$v_x^2 + v_{0y}^2 + 2 v_{0y} gt + g^2 t^2 = \frac{25}{4} v_x^2 + \frac{25}{4} v_{0y}^2$$

$$3) \quad x = v_x t + x_0 = 0 + 4 \cdot 12,6 = 2 \cdot 25,2 = 50,4 \text{ м}$$

$$2 \cdot v_0 \sin 60^\circ \cdot gt + g^2 t^2 = \frac{21}{4} v_0^2 \cos^2 60^\circ + \frac{1}{4} v_0^2 \sin^2 60^\circ$$

$$gt = z$$

$$z^2 + 8\sqrt{3}z - \frac{21}{4} \left(\frac{64}{4} + \frac{64 \cdot 3}{4} \right) = 0$$

$$\frac{98-35}{5} = \frac{19,6-7}{10} = 1,96-0,7 = 1,26$$

$$z^2 + 8\sqrt{3}z - 21 \cdot 16 = 0$$

$$\sqrt{3} \approx 1,74$$

$$z^2 + 8\sqrt{3}z - 336 = 0$$

$$z = 64,3 + 4 \cdot 336 = 64,3 + 8 \cdot 168 = 64,3 + 16 \cdot 84 =$$

$$= 64,3 + 32 \cdot 42 = 64,3 + 64 \cdot 21 = 64 \cdot 24 = 8^2 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{6}^2$$

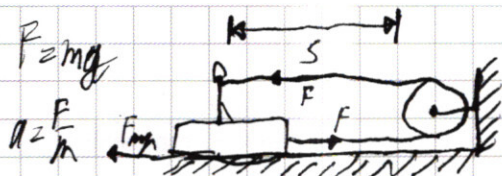
$$2) \quad \begin{aligned} > t \approx 12,6 \\ &t^* \approx 12,6 \\ &= 7(1,8) = 12,6 \end{aligned}$$

$$\frac{8\sqrt{6}-9\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{6}-2\sqrt{3}}{5}$$

$$= \frac{4 \cdot 175,19 - 2 \cdot 175}{5}$$

$$= \frac{7 \cdot 14 - 3,5}{5} = \frac{98 - 3,5}{5}$$

$$z = \frac{-8\sqrt{3} \pm 16\sqrt{6}}{2} = -4\sqrt{3} \pm 8\sqrt{6} = 8\sqrt{6} - 4\sqrt{3} = 4(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = 4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1) \approx 4 \cdot 1,75(2 \cdot 1,4 - 1) =$$

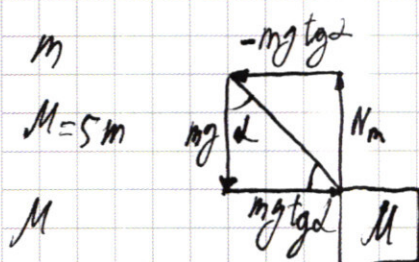


Дано:

$$F > F_{fr}$$

$$N = 6mg$$

$$a = \frac{F - F_{fr}}{6m}$$



$$F > 6mg\mu = 3mg\mu$$

$$F - F_{fr} = ma$$

$$F = 4mg\mu$$

$$2mg\mu > 6mg\mu$$

$$\mu > 3\mu$$

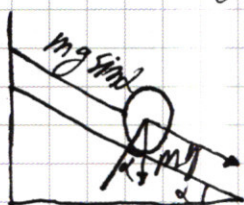
$$a = \text{const}$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a}$$

$$v^2 = 2as = \frac{F - F_{fr}}{3m} \cdot s$$

$$v = \sqrt{\frac{F - F_{fr}}{3m} \cdot s}$$

$$1). T = mg \sin \alpha$$



$$r = R + L$$

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

$$a_n = \omega^2(R + L)$$

$$T = mg \sin \alpha$$

$$\text{or } ma_n = T - mg \sin \alpha$$

$$T = m(a_n + g \sin \alpha)$$

$$\frac{ma}{mg} = \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{h_1}{h_2}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} m \sqrt{a^2 + g^2}$$

$$F_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} mg + \frac{\sqrt{2}}{2} ma = \frac{\sqrt{2}}{2} m(g + a)$$

$$F_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} mg - \frac{\sqrt{2}}{2} ma = \frac{\sqrt{2}}{2} m(g - a)$$

$$F_n = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{2} m(g + a)\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{2} m(g - a)\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{2} m^2 (g + a)^2 + \frac{1}{2} m^2 (g - a)^2} = \frac{1}{2} m \sqrt{2a^2 + 2g^2} = \frac{1}{2} m \sqrt{a^2 + g^2}$$

