

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-01

Класс 10

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.

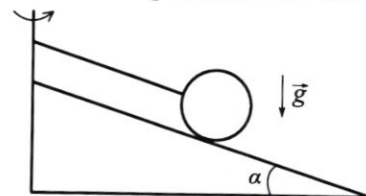
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

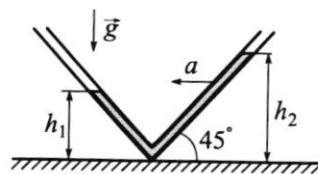
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 коленях 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:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

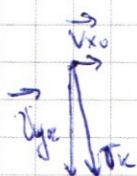
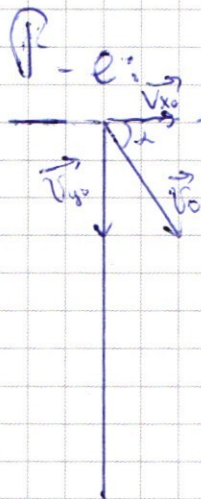
$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_k = 2.5 V_0$$

$$1) V_{yk} = ?$$

$$2) t = ?$$

$$3) x = ?$$



По условию камень
всегда приближается
к земле $\Rightarrow$ проекция
его на ось y отриц.
Вниз.

$$\vec{V}_{y0} + \vec{V}_{x0} = \vec{V}_0$$

$$\vec{V}_{yk} + \vec{V}_{xk} = \vec{V}_k$$

по Пиф.

$$\sqrt{V_{y0}^2 + V_{x0}^2} = V_0$$

$$\sqrt{V_{yk}^2 + V_{xk}^2} = V_k$$

Так как ускорение св. пад. направлено вниз, ко-
ордината по оси x не меняется.

Равн. ускор. движения: $V_y = V_{y0} + g t$

$$V_{yk} = \sqrt{V_k^2 - V_{xk}^2}$$

$$V_{x0} = V_0 \cdot \cos \alpha \quad \text{по } x$$

$$V_{y0} = V_0 \cdot \sin \alpha \quad \text{по } y$$

$$V_{yk} = \sqrt{(8 \cdot 0.5)^2 - \left(\frac{1}{2} \cdot 8\right)^2} = \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} = \sqrt{2^7 \cdot 3} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

$$V_{yk} = V_{y0} + g t$$

$$8\sqrt{6} = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 t \Rightarrow 10 t = 8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}$$

$$t = \frac{4\sqrt{6} - 2\sqrt{3}}{5}$$

$$t = \frac{4\sqrt{67} - 2\sqrt{37}}{5} = \frac{2\sqrt{37}(2\sqrt{27} - 1)}{5} \approx \frac{2 \cdot 1,7(2 \cdot 1,4 - 1)}{5} =$$

$$= \frac{3,4 \cdot 1,8}{5} = \frac{6,12}{5} \approx 1,18 \text{ с}$$

$$X = t \cdot v_{0x} = t \cdot 8 \cdot \frac{1}{2} = 4t \approx 4,72 \text{ м}$$

Ответ: $v_{yk} = 8\sqrt{67} \approx 19,04 \text{ м/с}$ - верт. ком. v_k

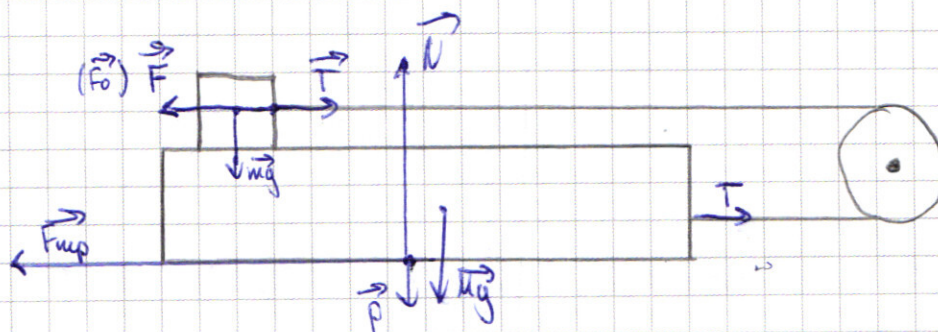
$t = \frac{4\sqrt{67} - 2\sqrt{37}}{5} = \frac{2\sqrt{37}(2\sqrt{27} - 1)}{5} \approx 1,18 \text{ с}$ - время полета

$X = 4 \cdot \frac{4\sqrt{67} - 2\sqrt{37}}{5} = \frac{8\sqrt{37}(2\sqrt{27} - 1)}{5} \approx 4,72 \text{ м}$

№ 2

Дано:
 S
 m
 $M = 5 \text{ м}$
 u

Р-е:



Поскольку человек массой удерживается в ящике / неподвижен относительно ящика, заменим его на груз, который способен прикладывать силу $\vec{F}$ к ящику на протяжении движения.

Заметим, что в полученной системе по оси y к ящику приложены силы $\vec{mg}$, $\vec{Mg}$, $\vec{P}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по IIЗН:

$$\vec{F}_{\text{уп}} + 2\vec{T} + \vec{m}g + \vec{M}g + \vec{N} = 0 \Rightarrow$$

по оси y:

$$mg + Mg = N$$

$$6mg = N \Rightarrow$$

по IIIЗН $P = N \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ящик давит
 на пол с силой
 $P = 6mg$

по оси x:

$$F_{\text{уп}} = 2T$$

$$\mu N = 2T = 2F_0$$

$$\mu \cdot 6mg = 2F_0$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

* ($T = F_0$ по IIIЗН)

Рассмотрев крайний случай ($F_{\text{уп}} = 2T$) равновесия системы, найдем F_0 — мин. кесов. силу.

Если $F > F_0$, тогда ящик с человеком будет двигаться равноуск.

по IIЗН:

$$\vec{F}_{\text{уп}} + 2\vec{T} + \vec{m}g + \vec{M}g + \vec{N} = (M+m) \cdot \vec{a}$$

по оси x:

$$2T - F_{\text{уп}} = 6ma \Rightarrow a = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} = \frac{1}{3} \frac{F}{m} - \mu g$$

Равноуск. глм:

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

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$v_k = a \cdot t = a \cdot \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2S \cdot a} = \sqrt{2S \cdot \left(\frac{1}{3} \frac{F}{m} - \mu g\right)}$$

V_k - ^{максимальная} ~~поверхностная~~ скорость течения, которой он способен достигать.

Дано: 1) $P = 6 \text{ мд}$ - сила, с которой давят шарик и муфта.

2) $F_0 = 3 \text{ мд}$

3) $V_k = \sqrt{2S \cdot (\frac{1}{3}E - \mu g)}$

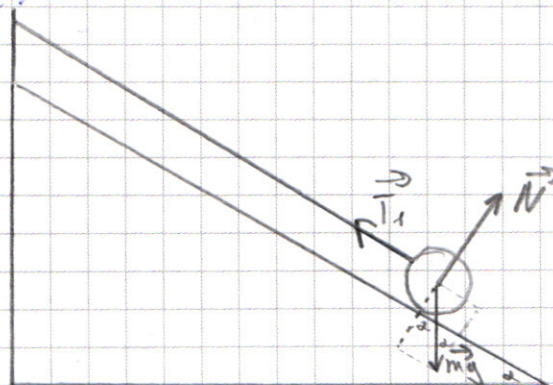
N:3

Дано:

m, R, α, L
$T_1 = ?$
$T_2 = ?$

Р-е:

1)

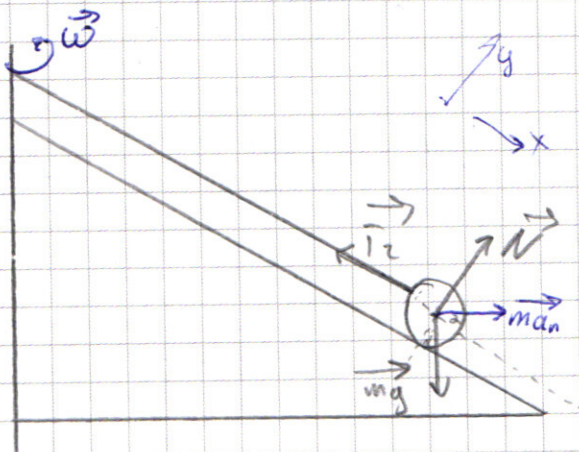


по $\vec{OZ}$: $\vec{mg} + \vec{N} + \vec{T}_1 = 0$

по оси y : $mg \cdot \cos \alpha = N$

по оси x : $mg \cdot \sin \alpha = T_1 \Rightarrow T_1 = mg \cdot \sin \alpha$

2)



При вращении к шарик.
действует сила $m \cdot \vec{a}_n$
В $\vec{O}$ шарик покоится,
 $\vec{F}_\Sigma = \vec{0}$, $m \cdot \vec{a}_n = \vec{F}_u$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по II ЗН.

$$\vec{T}_2 + \vec{W} + m\vec{a}_n + m\vec{g} = 0$$

по осм X:

$$m \cdot a_n \cdot \cos \alpha + m g \cdot \sin \alpha = T_2$$

$$a_n = \omega^2 \cdot r$$

$$r = (R+L) \cdot \cos \alpha$$

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

$$T_2 = m(g \cdot \sin \alpha + \omega^2 \cdot (R+L) \cdot \cos^2 \alpha)$$

Отв: 1) $T_1 = m g \cdot \sin \alpha$

2) $T_2 = m(g \cdot \sin \alpha + \omega^2 \cdot (R+L) \cdot \cos^2 \alpha)$

Н.ч

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

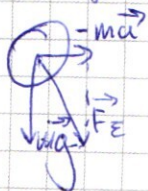
$$h_2 = 17 \text{ см}$$

нужно

сила

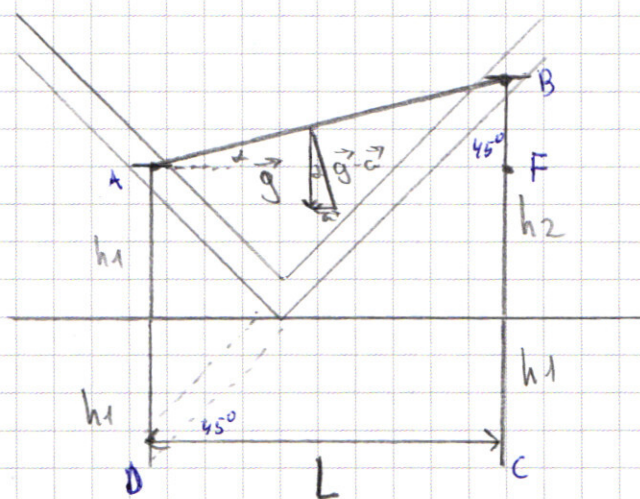
При равноускоренном движении на каждую единицу веса нужно силы из-за качения действовать сила инерции.

$$\vec{F}_y = -m \cdot \vec{a}, \text{ где } \vec{a} - \text{ускорение крутки. То есть:}$$



$$\vec{F}_E = m(\vec{g} - \vec{a})$$

Эта сила будет перпендикулярна по нормали поверхности воды. В данном случае перпендикулярка линии, соединяющие границы водной среды в обеих полках трубы. (Считаем что трубка узкая, и можно приложить границу раздела сред за точку)



$$\triangle BCD - \text{пр.} \Rightarrow L = h_1 + h_2 = 20 \text{ см}$$

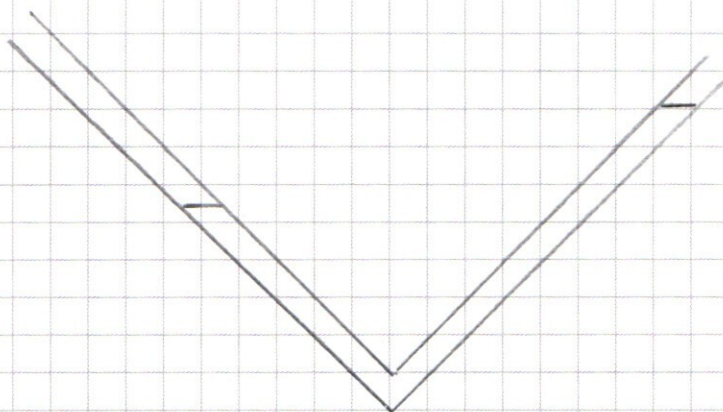
$$a = g \cdot \sin \alpha, \text{ где } \alpha = \angle BAF \text{ (см. рис.)}$$

$$BF = h_2 - h_1, AF = L \Rightarrow \sin \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} \Rightarrow$$

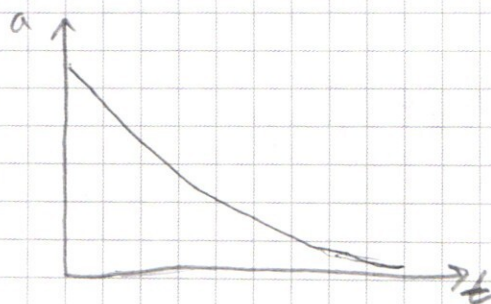
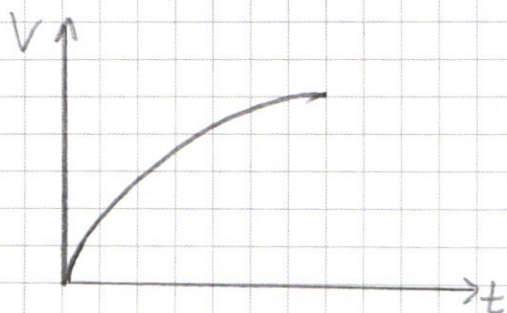
$$\Rightarrow a = \frac{1}{5} g = 2 \text{ м/с}^2 - \text{ускорение трубки}$$

После прекращения равновесия движения, можно считать, что получившаяся линия, где трубка находится, а вода движется в следствие разности уровней воды

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Вода начинает двигаться с ускорением $\sim$ разнице уровней воды. Максимальной скорости будет, когда уровни воды сравняются.



Для нахождения V надо проинтегрировать график зависимости ускорения от времени.

Возьмем интервалы по $0,5\text{ м}$, и скажем что на них $a = \text{const}$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$F = \frac{\rho P}{s} = \frac{\rho g \Delta h}{s} s$$

$$a = \frac{\rho g \Delta h}{m} s$$

$$a = \frac{s}{V} \cdot g \cdot \Delta h = \frac{\Delta h}{h_1 + h_2} \cdot g$$

$$a_1 = \frac{u}{20} g = 2 \text{ м/с}^2 \quad V_1 = a_1 t_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} \quad t_1 = \sqrt{\frac{2 \Delta h}{a_1}} \approx \sqrt{\frac{0,01}{2}} = 0,022 \text{ с} \approx 0,02 \text{ с}$$

$$a_2 = \frac{3}{20} g = 1,5 \text{ м/с}^2 \quad V_2 \approx 0,33 \text{ м/с} \quad \Delta h = V_1 \cdot t_2 + \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$a_3 = 0,1 g = 1 \text{ м/с}^2 \quad V_3 \approx 0,3 \text{ м/с} \quad \Delta h = V_2 \cdot t_3 + \frac{a_3 t_3^2}{2}$$

$$a_4 = \frac{1}{20} g = 0,5 \text{ м/с}^2 \quad V_4 \approx 0,29 \text{ м/с} \quad \Delta h = V_3 \cdot t_4 + \frac{a_4 t_4^2}{2}$$

$$V_k \approx 0,2 \text{ м/с} - \text{но у}, \quad V_{\text{ук}} \approx V_{\text{кк}} = V_c \sqrt{V_{\text{ук}}^2 + V_{\text{кк}}^2} \approx 0,4 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $a = 2 \text{ м/с}^2$ - ускорение при этом

2) $V_k \approx 0,2 \text{ м/с}$

№ 5

Дано:

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

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\rho_B = 12 \text{ м/с}^3$$

$$PV = \nu RT - \text{см. 4-к Тедина}$$

$$p_n = \frac{W_n}{V_n}$$

$$P \cdot V_n = \nu_n \cdot RT$$

$$P \cdot V_n = \frac{W_n}{M} RT \Rightarrow$$

$$\frac{W_n}{V_n} = p_n = \frac{P \cdot M}{TR} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{831 \cdot 368}$$

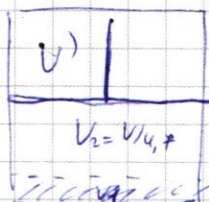
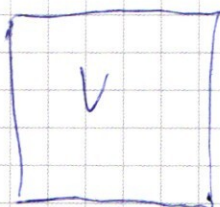
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho_n = \frac{P_H}{T R} = \frac{8,5 \cdot 10^9 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 36,8} = \frac{85 \cdot 18}{831 \cdot 36,8} \approx 0,5 \text{ кг/м}^3$$

$\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ (будем считать изменение ρ воды от T пренебрежительно малым)

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \epsilon = \frac{1}{2000} = 0,0005$$

2)



V_2 - объем газа
 V_1 - объем воды

$$V_2 + V_1 = V - V_2 = \left(1 - \frac{1}{47}\right) V = \frac{37}{47} V$$

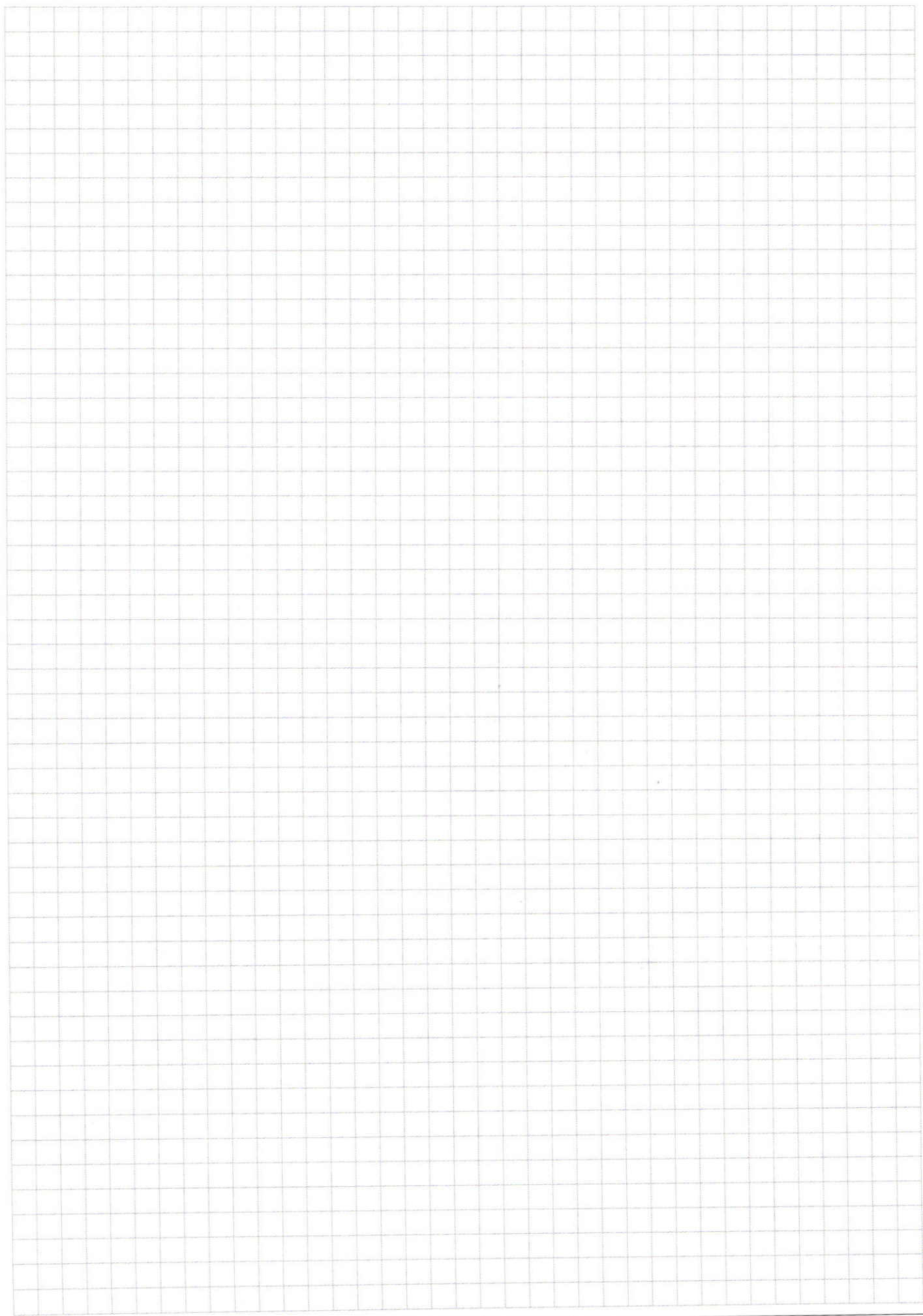
$$\frac{\frac{37}{47} V}{V_1} = \frac{\rho_B}{\rho_n} \Rightarrow V_1 = \frac{\rho_n}{\rho_B} \cdot \frac{37}{47} V = \frac{1}{2000} \cdot \frac{37}{47} V$$

$$V_2 = \frac{10}{47} V \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{10}{47} \cdot \frac{47}{37} \cdot 2000 = \frac{20000}{37} \approx$$

≈ 540

Аналог 1) $\frac{\rho_n}{\rho_B} = \epsilon = 0,0005$

$$2) \frac{V_2}{V_1} = \frac{10}{37} \cdot \frac{1}{\epsilon} \approx 540$$

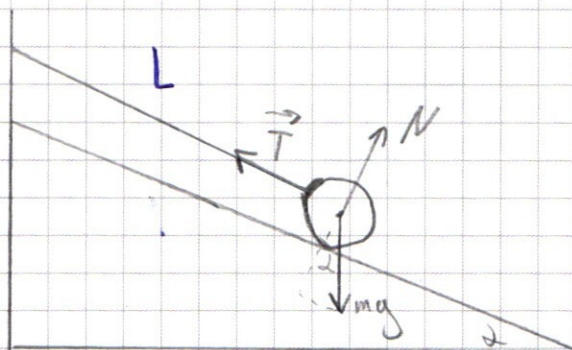


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

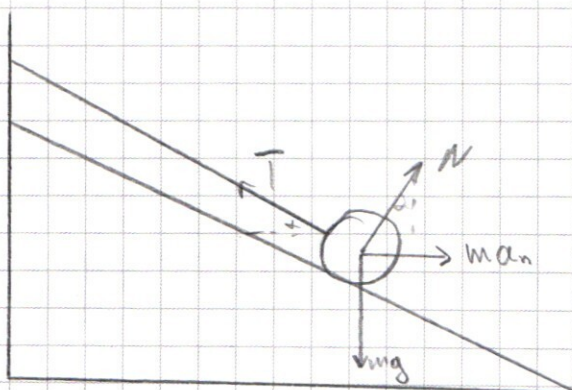


Дано: m, R, α, L, ω

$$mg \cdot \cos \alpha = N$$

$$mg \cdot \sin \alpha = T$$

2)



$$mg \cdot \cos \alpha = N + m a_n \cdot \cos \alpha$$

$$mg \cdot \sin \alpha + m a_n \cdot \sin \alpha = T$$

$$T = mg \cdot \sin \alpha + m \cdot a_n \cdot \sin \alpha =$$

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

$$a_n = \omega^2 \cdot r, \quad r = L \cdot \cos \alpha + (L+R) \cos \alpha$$

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

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

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{p_n}{p_0}$$

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

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

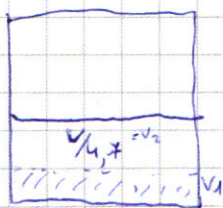
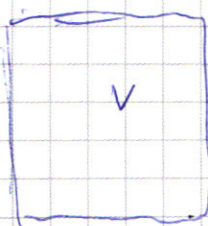
$$PM = \rho_n RT$$

$$\rho_n = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot (25+273)} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \approx \frac{1}{20} \text{ кг/м}^3$$

$$= 0,05 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

2)



$$V_1 \approx (1 - \frac{1}{47})V$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V}{47V_1}$$

$$\frac{5}{1500} = \frac{1}{300}$$

$$= \frac{1}{200}$$

$$N \cdot 5$$

$$P = nkT = \frac{N}{V} \cdot kT = \frac{N}{V} \cdot \frac{R}{M_a} \cdot T$$

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ + 283 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 37 \\ \times 5 \\ \hline 185 \end{array}$$

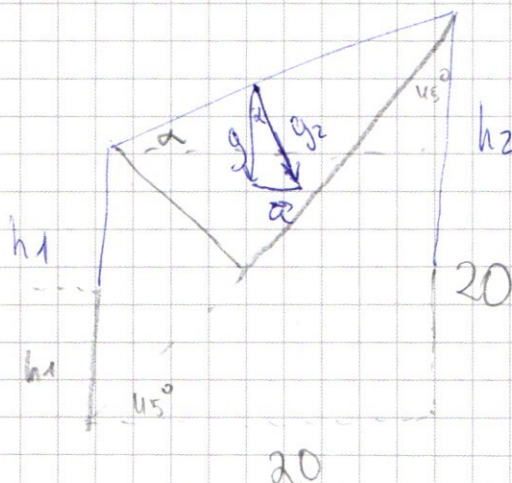
$$\begin{array}{r} 20000 \\ - 185 \\ \hline 19815 \\ - 143 \\ \hline 19672 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 85 \\ \times 18 \\ \hline 1680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 231 \\ \times 368 \\ \hline 6648 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 305808 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4



$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\Delta h = \frac{at^2}{2}$$

$$0,02m = \frac{2}{2} \cdot 2^2$$

$$t = \sqrt{0,02} =$$

$$a = g \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} \Rightarrow = 0,14$$

$$= a = 2m/s^2$$

Результат

$$F = \frac{\rho g \cdot (h_2 - h_1)}{S}$$

$$\Delta V = a \cdot \Delta t$$

$$ma = \frac{F}{m}$$

$$\begin{array}{r} 19,14 \\ \times 14 \\ \hline 268 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 15 \\ \hline 405 \\ \times 150 \\ \hline 4050 \\ \hline 40500 \end{array}$$

$$0,0$$

$$0,5$$

$$2 \cdot 12m/s$$

$$\begin{array}{r} 0,01 \\ \times 2 \\ \hline 0,02 \end{array}$$

$$\frac{0,04}{2}$$

$$\sqrt{2}$$

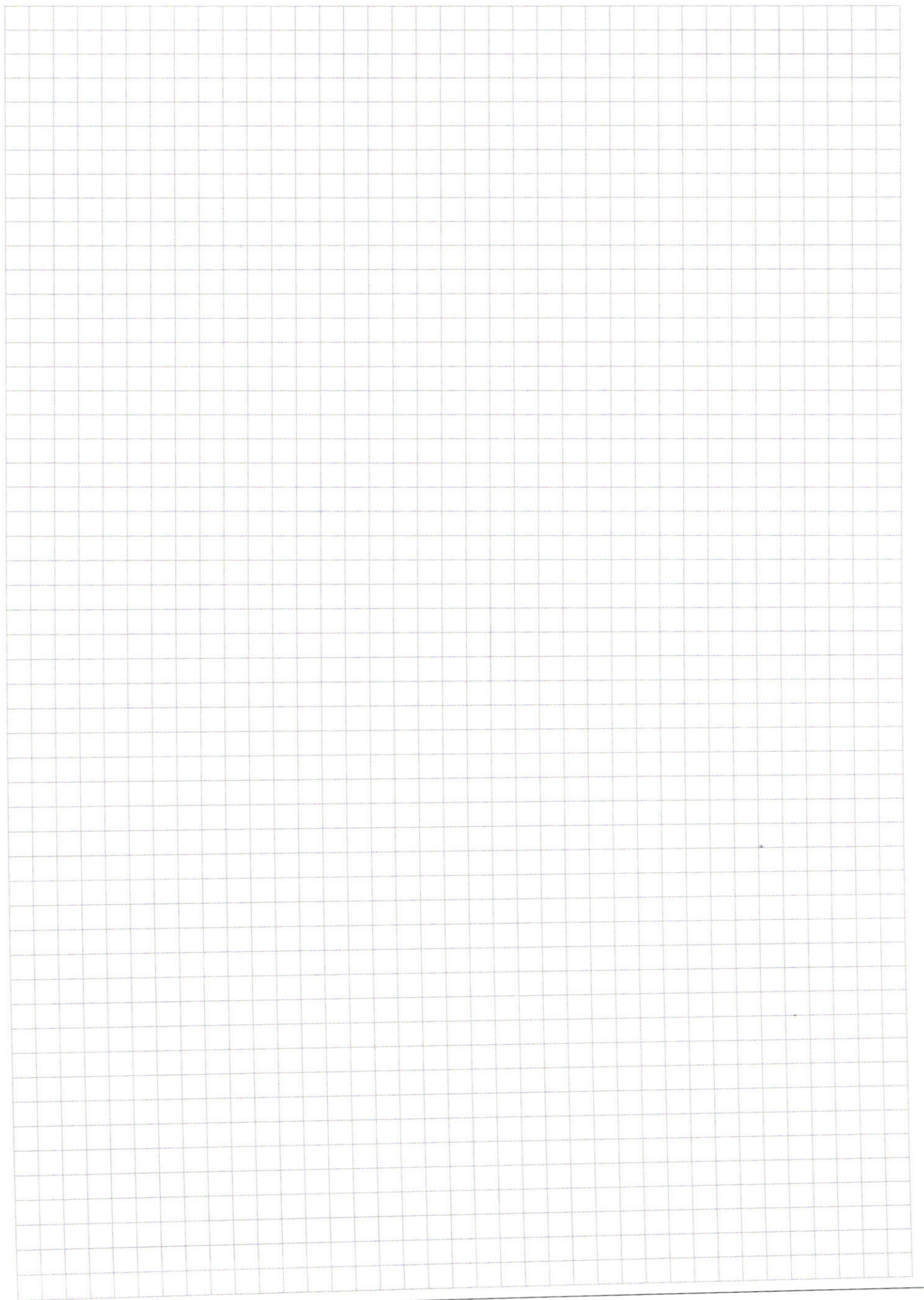
$$\frac{3}{2} \sqrt{2} m/s$$

$$V = 0 \cdot t$$

$$20$$

$$\frac{a t^2}{2} = 2$$

$$t^2 = 2 \cdot 2 \sqrt{2}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

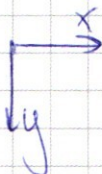
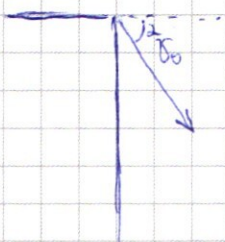
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

$$\cos(60) = \frac{1}{2}$$

$$\sin(60) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$



$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 34 \\ \times 18 \\ \hline 272 \\ 612 \\ \hline 612 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 612 \overline{) 500} \\ 500 \\ \hline 1120 \\ 612 \\ \hline 5080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 64 \\ 3 \\ \hline 19200 \end{array}$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$V_k = 2,5V_0 = \sqrt{V_{ky}^2 + V_{kx}^2} = \sqrt{(V_{0y} + gt)^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$V_k = 2,5V_0 = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ м/с}$$

$$384 = 2 \cdot 192 =$$

$$= 2 \cdot 2 \cdot 96 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 48 =$$

$$= 2^4 \cdot 24 = 2^5 \cdot 12 = 2^6 \cdot 6 = 2^7 \cdot 3$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 128 \\ \times 3 \\ \hline 384 \end{array}$$

$$400 \text{ м}^2/\text{с}^2 = (4\sqrt{3} + 10t)^2 + 16$$

$$384 = 16 \cdot 3 + 80\sqrt{3}t + 100t^2$$

$$100t^2 + 80\sqrt{3}t - 3386 = 0$$

$$D = 6400 \cdot 3 + 400 \cdot 338 = 154400 \quad 153600$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 193} = 20\sqrt{386}$$

$$t_{1,2} = \frac{-80\sqrt{3} \pm 20\sqrt{386}}{200}$$

$$t \geq 0$$

$$t = \frac{20\sqrt{386} - 80\sqrt{3}}{200} \approx 1,25 \text{ с} \approx \frac{5}{4} \text{ с}$$

$$(4\sqrt{3} + \frac{50}{4})^2 + 16$$

$$\begin{array}{r} 16 \cdot 3 = 48 \\ 386 \\ - 48 \\ \hline 338 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 338 \\ \times 400 \\ \hline 135200 \\ + 19200 \\ \hline 154400 \end{array}$$

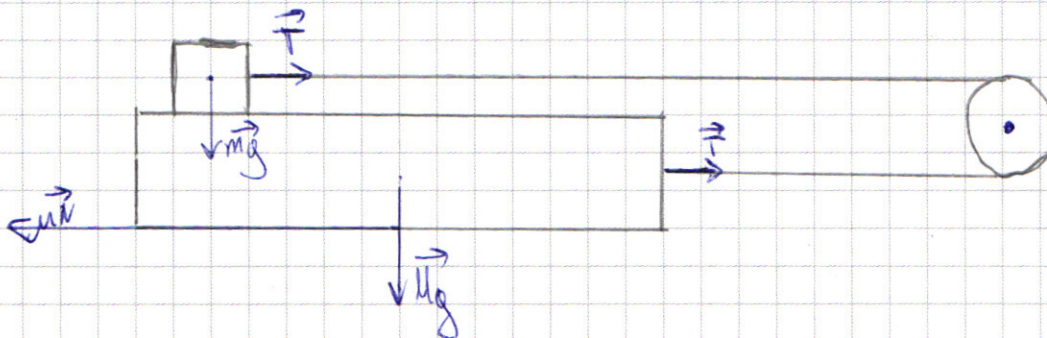
$$\begin{array}{r} 442 \\ 386 \\ + 93 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 17 \\ 10 \\ \hline 136 \\ 386 \\ - 136 \\ \hline 250 \\ 250 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{361}{377} = 10 \quad \checkmark$$

$\mu, m, M=5m, S$

N. 2



1) $(M+m)g$

2) $F_0 = ?$

$$F_0 = T$$

$$\mu N = 2 F_0$$

$$\mu (M+m)g = 2 F_0$$

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

3) $F > F_0$

$$(m+M) \cdot a = 2F - \frac{\mu (M+m)g}{2}$$

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