

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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?

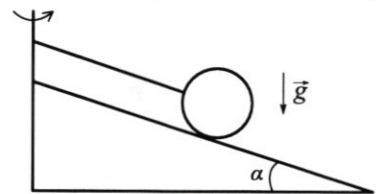
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

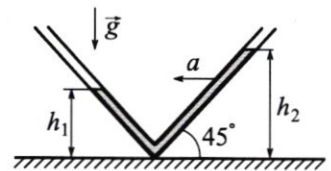
2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 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.

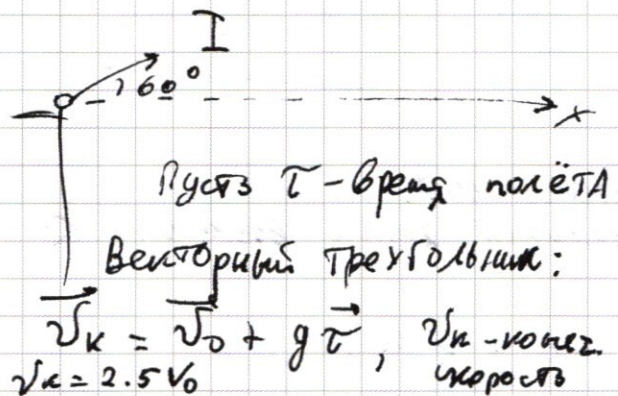
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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 Рассмотрим случаи траектории.



по Th. COS:

$$V_k^2 = V_0^2 + g^2\tau^2 - 2V_0g\tau \cos 30^\circ$$

$$100\tau^2 - 80\sqrt{3}\tau - 21.16 = 0$$

$$2.5\tau^2 - 20\sqrt{3}\tau - 84 = 0$$

$$\tau > 0 \Rightarrow \tau = \frac{20\sqrt{3}(1+2\sqrt{2})}{5} \text{ c}$$

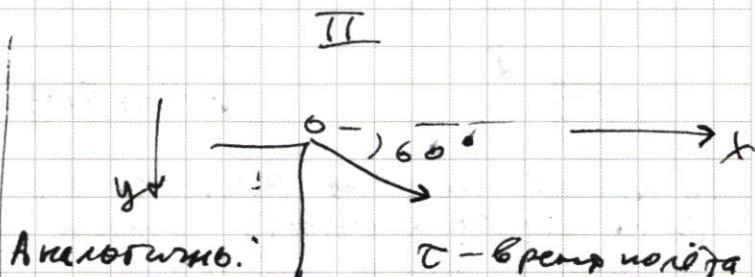
Вертик. смещ. это

$$g\tau - V_0 \cos 30^\circ = 8\sqrt{6} \text{ мс}$$

Гориз. смещ.

$$V_0 \cos 60^\circ \tau = V_0 \cos 30^\circ \tau = \frac{8\sqrt{3}(1+2\sqrt{2})}{5}$$

ответа в р. по знаку: ↑



$$\vec{V}_k = \vec{V}_0 + g\tau, \quad V_k = 2.5V_0$$

по Th. COS:

$$\left(\frac{5}{2}V_0\right)^2 = V_0^2 + g^2\tau^2 + 2V_0g\tau \sin 60^\circ$$

$$100\tau^2 + 80\sqrt{3}\tau - 21.16 = 0$$

$$25\tau^2 + 20\sqrt{3}\tau - 84 = 0$$

$$\tau > 0$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{20\sqrt{3} - 10\sqrt{3}}{5}$$

$$= \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{5} \text{ c}$$

Вертик. смещ:

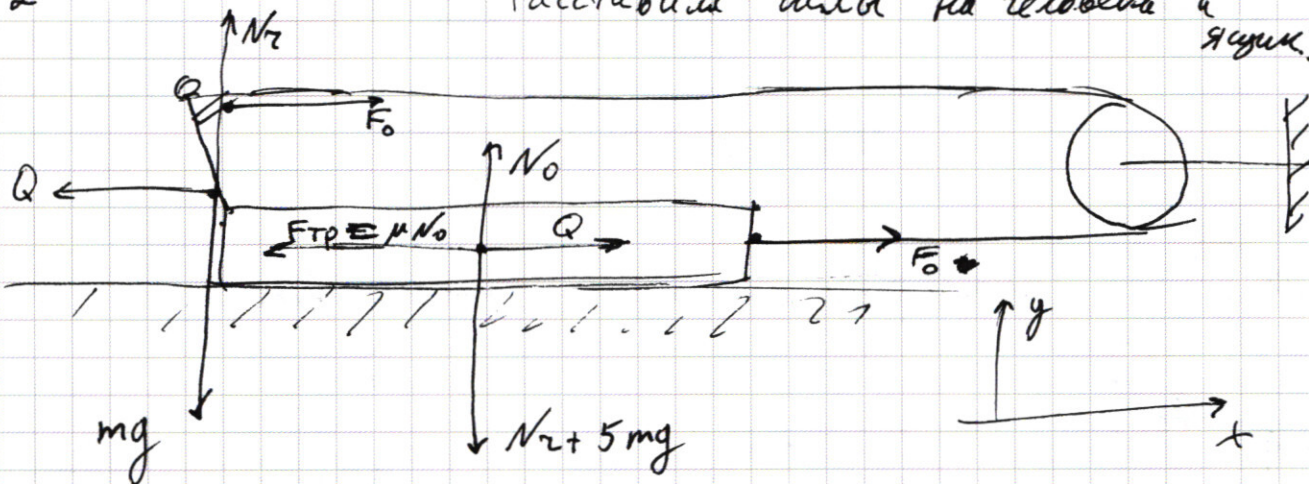
$$V_{ky} = V_0 \cos 30^\circ + g\tau = 8\sqrt{6} \text{ мс}$$

Гориз. смещ:

$$V_{0x} \tau = V_0 \cos 60^\circ \tau = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{5} \text{ м}$$

$\sqrt{2}$

Расставим силы на человека и ящик:



$F_0 \min \Rightarrow$ система движется без ускорения.

F_0 передаётся каратю. Человек толкает ящик вдоль Ox с Q а вдоль Oy с N_2

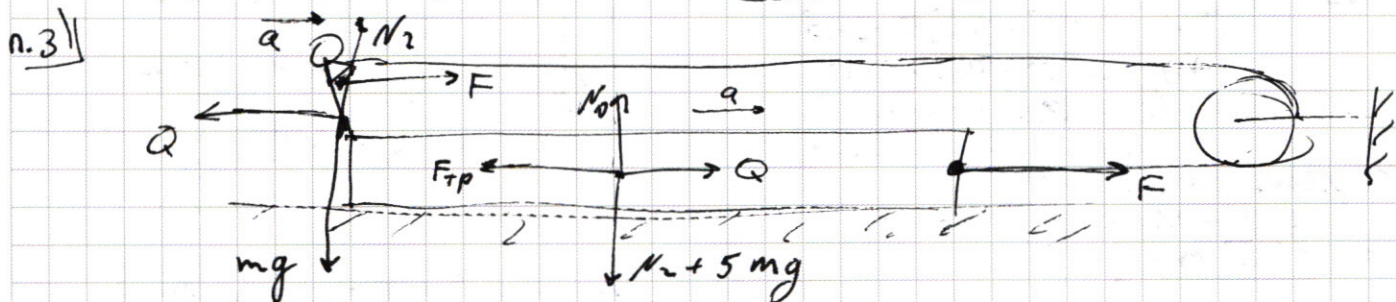
Запишем условия равновесия по осям:

Ox : человек: $F_0 = Q$
ящик: $F_0 + Q = \mu N_0$ $\Rightarrow 2F_0 = 6\mu mg = F_{тр}$

Oy : человек: $N_2 = mg$
ящик: $N_0 = N_2 + 5mg$

$F_0 = 3\mu mg$

1) человек с ящ. движт на пол с $N_0 = 6mg$



Заметим, что по Oy уравнения не изменятся:
 $\Rightarrow N_0 = 6mg, F_{тр} = 6\mu mg$. Пусть оба движ с уск. a

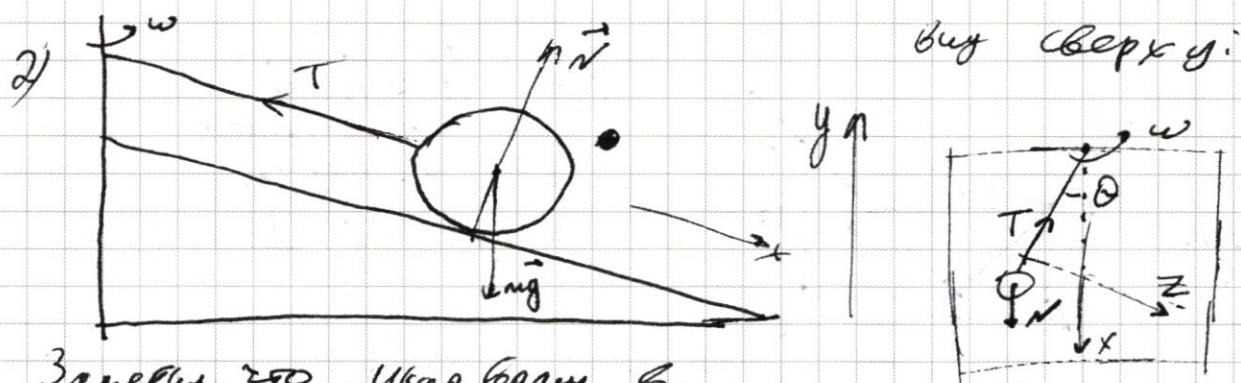
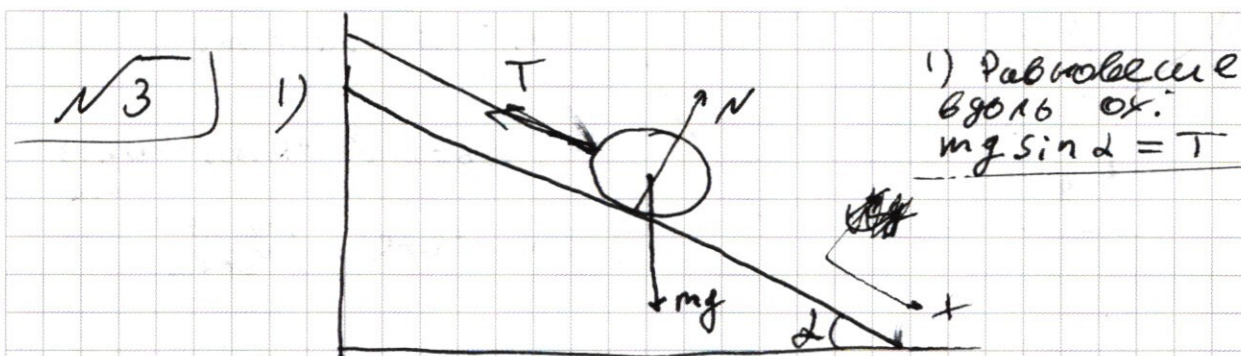
Ox : человек: $ma = F - Q$
ящик: $5ma = F + Q - 6\mu mg$
 $6ma = 2F - 6\mu mg$

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

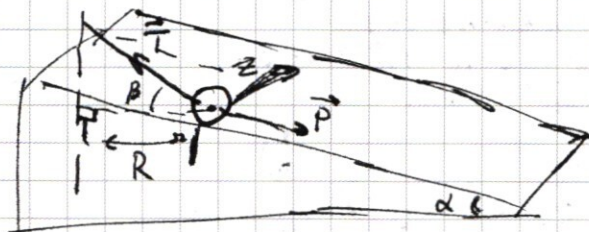
Движ-е равноускоренное, ур-е кинематики: (v_k - скорость)

$S = \frac{v_k^2 - 0}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{(2F - 6\mu mg)S}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Заметим, что шар бран. в плоскости $\perp$ силе тяжести. назовём $mg + N = \vec{P}$. Заметим, что $\vec{P}$ направлен вдоль клина вдоль ОХ. Пусть шар отклонится от ОХ на угол θ (вниз)



Тогда вдоль оси Z, направл. перпендикулярно радиусу окружности вращения $\vec{P}$ имеет

ненулевую проекцию

$\Rightarrow$ имеется тангенциальное ускорение, которое привело бы к отрыву от клина / возвращению нити на ось X.

$\angle \theta = 0$:

из $a = \omega^2(L+R) \cos \alpha$

и з-м.н. ОХ:

$$m \omega^2(L+R) \cos \alpha = T \cos \alpha - N \sin \alpha \quad (1)$$

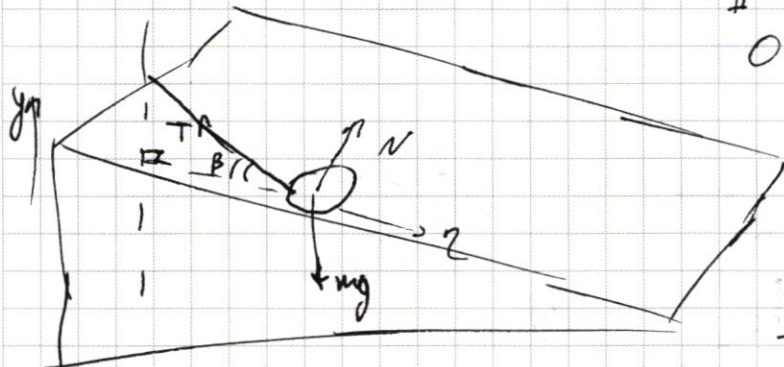
ОУ: $N \cos \alpha = mg \quad (2)$

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

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

В шмуре отклонения нити, T зависит от β - угла между нитью и радиусом

II 3-м. Ньютона!



$$\text{оп: } m\omega^2(L+R)\cos\beta = T\cos\beta - N\sin\beta$$

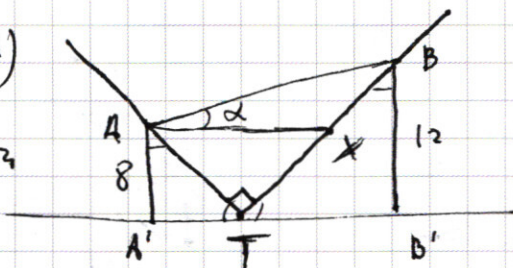
$$\text{ог: } N\cos\alpha = mg$$

$$\Rightarrow T\cos\beta = m\omega^2(L+R)\cos\beta + \frac{mg\sin\beta}{\cos\alpha}$$

$$T = m\omega^2(L+R) + \frac{mg\tan\beta}{\cos\alpha}$$

№4

Пусть в поверхности жидкости в точках A и B угол - T



Пусть $\vec{g}' = \vec{g} - \vec{a}$
- эффективное ускор. в. над-я.

тогда $\vec{g}' \perp AB$

Пусть Ax - горизонталь.

тогда угол $\angle XAT = 45^\circ$ и $AT = XT$

$$BT = 12\sqrt{2} \text{ м}; AT = 8\sqrt{2} \text{ м}$$

$$= 0.12\sqrt{2} \text{ м}$$

$$= 0.08\sqrt{2} \text{ м}$$

(т.н. пифагора)

$$\Rightarrow XB = 0.04\sqrt{2} \text{ м}$$

$$AX = 0.06 \text{ м}$$

$$AB = 0.04\sqrt{26} \text{ м} = 4\sqrt{26} \text{ см}$$

по т.н. кос $\triangle AXB$:

$$XB^2 = AX^2 + AB^2 - 2AX \cdot AB \cos\alpha$$

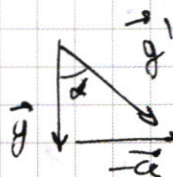
$$32 = 256 + 16 \cdot 26 - 2 \cdot 16 \cdot 4\sqrt{26} \cos\alpha$$

$$1 = 8 + 13 - 4\sqrt{26} \cos\alpha$$

$$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{5}{\sqrt{26}}$$

$$\parallel \cos\alpha = \frac{g}{g'} \Rightarrow a = g \tan\alpha = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\tan\alpha = 1/5$$



2) Заметим, что когда уровни станут одинаковыми, жидкость станет перевернутой в левое колесо $\Rightarrow$ начнет тормозить $\Rightarrow v_{\max}$ когда уровни станут равными (Епот $\rightarrow$ min) (по $H=10$ см)

Пусть масса жидкости 20 мб, колб Епот на уровне земли

ЗСЭ:

$$8 \text{ мб} \cdot g \cdot h_{1/2} + 12 \text{ мб} \cdot g \cdot h_{1/2} = 20 \text{ мб} \cdot g \cdot H/2 + 20 \text{ мб} \cdot \frac{v_{\max}^2}{2}$$

(1) кат. пом.

(2) момент макс. скорости

Епот лвое колесо

Епот, правое

Епот в обоих колесках

$$\Rightarrow v_{\max} = 0.2 \text{ м/с}$$

Все в со. трубки

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5 Показатель конденсации. при $T = \text{const}$,
 $\Rightarrow$ отн. влажность $\varphi = 100\%$ и $P = P_{\text{нас}} = \text{const}$.

Ур-е сост. уг. газа для пара: $P = \frac{P_{\text{пар}}}{\mu} \cdot RT$ $T = 368 \text{ K}$

$$\Rightarrow \left[\frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{возд}}} = \frac{P_{\mu}}{RT P_{\text{возд}}} = \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{85 \cdot 18 \cdot 10}{83 \cdot 368 \cdot 1000} \approx 0.049\% \right. \\ \left. \approx 4.9 \cdot 10^{-4} \right]$$

Пусть V_0 - нач. объем пара

2) ур-е сост: $\frac{P V_0}{\gamma} = \frac{m_{\text{н}}' RT}{\mu}$ - после исп.

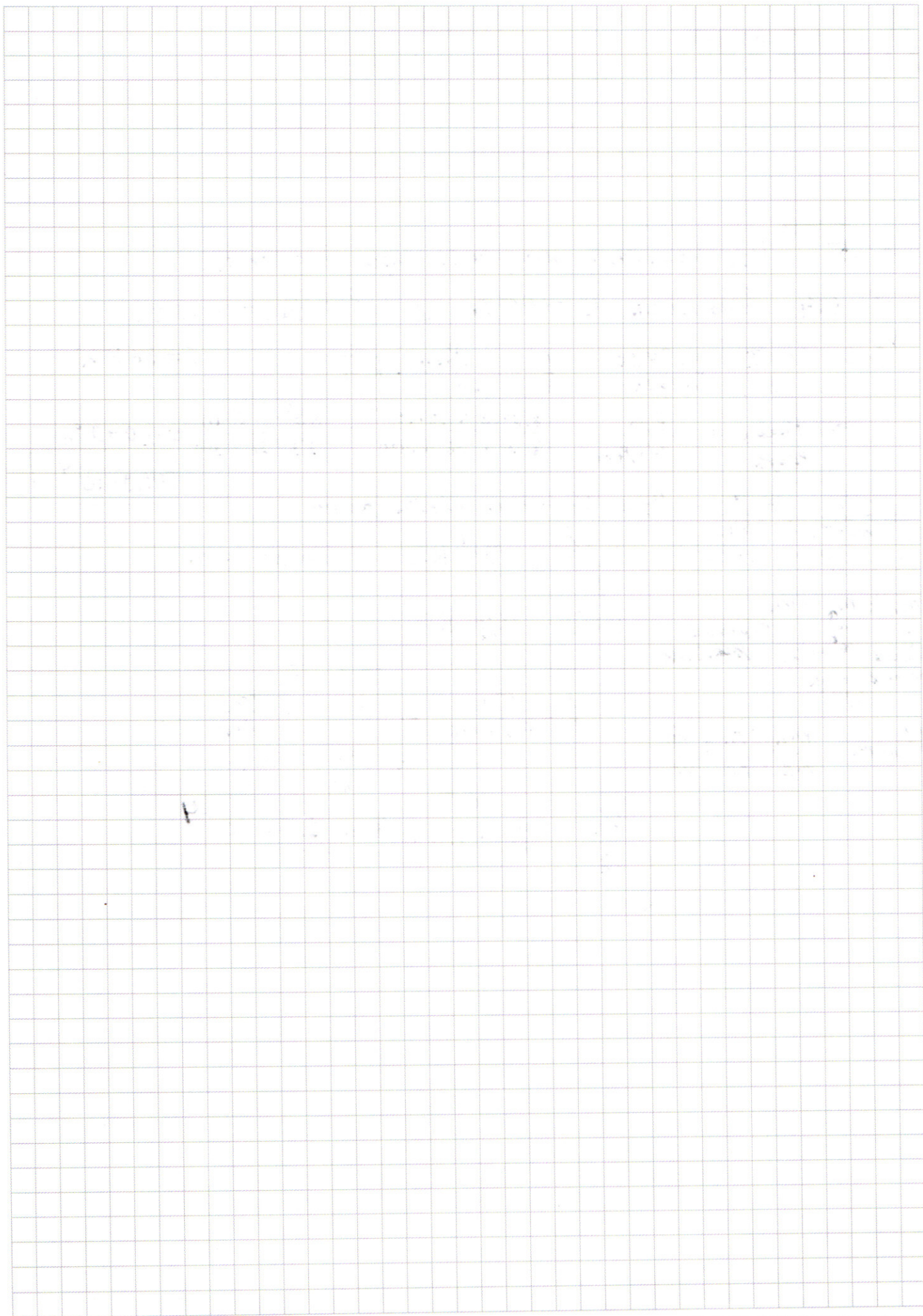
$m_{\text{н}}' = m_0 - m_{\text{в}}$
 $\uparrow$ масса пара в конце (г) $\uparrow$ масса пара в начале (г) $\uparrow$ масса испарившейся воды

$$P V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{m_{\text{н}}'}{m_{\text{н}}' + m_{\text{в}}} \Rightarrow \gamma = 1 + \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{н}}'} \\ \Rightarrow \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{н}}'} = 3.7$$

Ищем $\frac{m_{\text{н}}' \cdot P_{\text{н}}}{m_{\text{в}} \cdot P_{\text{в}}} = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}}$

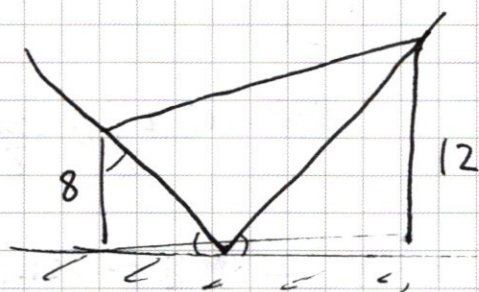
$$\left[\frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}} = \frac{10}{37} \cdot 4.9 \cdot 10^{-4} \approx 1.3 \cdot 10^{-4} \right]$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$(4\sqrt{2})^2 x^2 = (4\sqrt{2})^2 / (4 + 9)$$

$$x = \sqrt{13}$$

$$4\sqrt{26}$$

$$\frac{5}{7}$$

$$\tan^2 \alpha = \frac{26}{25} - 1$$

$$\tan^2 \alpha = \frac{1}{25}$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{5}$$

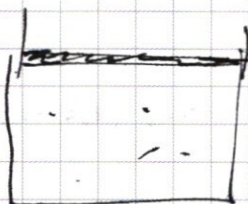
$$\tan^2 \alpha \neq 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$8g \cdot 0.04 + 12g \cdot 0.06 = 20g \cdot 0.05 + 10v^2$$

$$0.32 + 0.72 = 1 + v^2$$

$$v = 0.2$$

$T_0 = 368 \text{ K}$
 $p = 0.85 \text{ bar}$
slow, $T = \text{const}$
 v_1



$$pV_0 =$$

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

$$p_n = \frac{p\mu}{RT}$$

$$17.9 = 15.3$$

9

$$\begin{array}{r} 90060 \overline{) 18400} \\ 23600 \\ \underline{16400} \\ 147200 \\ \underline{168000} \end{array}$$

$$\frac{9}{18400}$$

$$\frac{49}{37} \cdot 1000$$

49

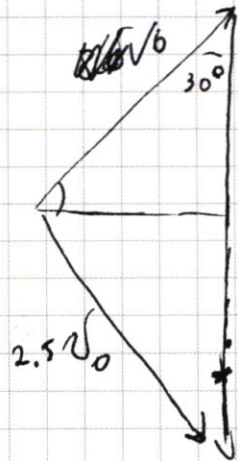
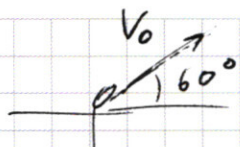
153

$$\begin{array}{r} 11 \\ 368 \\ \underline{368} \\ 736 \\ \underline{736} \\ 1472 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} .10 \\ 1640 \\ \underline{1472} \\ 168 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \underline{9} \\ 1656 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 49 \overline{) 37} \\ 37 \\ \underline{120} \\ 111 \\ \underline{90} \\ 74 \\ \underline{160} \end{array}$$



$$\frac{25}{4} v_0^2 = v_0^2 + g^2 t^2 - v_0 g \sin 60^\circ t$$

$$g^2 t^2 - v_0 g \frac{\sqrt{3}}{2} t - \frac{21}{4} v_0^2 = 0$$

$$100 t^2 - 40\sqrt{3} t - 21.16 = 0$$

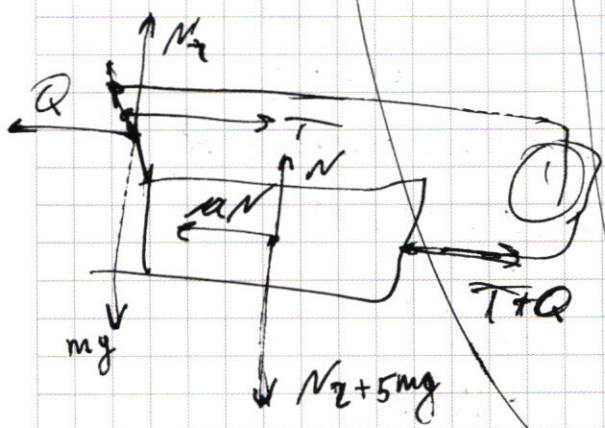
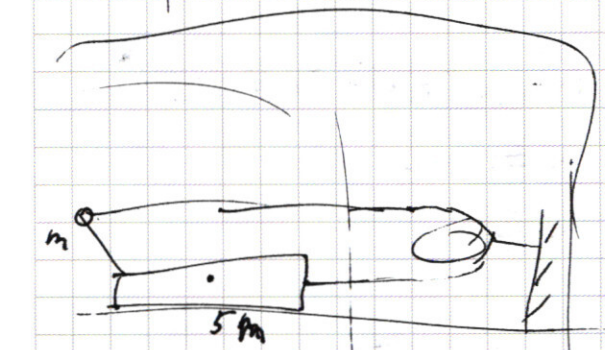
$$25 t^2 - 20\sqrt{3} t - 84 = 0$$

$$D = 300 + 2100 = 2400 = (20\sqrt{6})^2$$

$$t = \frac{10\sqrt{3} \pm 20\sqrt{6}}{25}$$

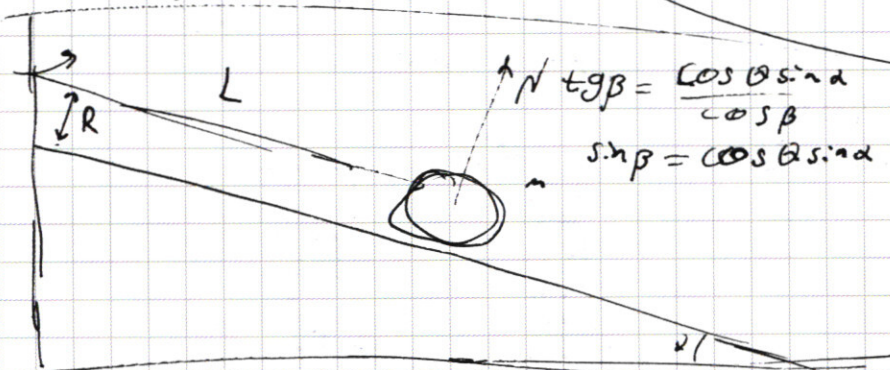
$$\frac{4\sqrt{3} + 8\sqrt{6}}{\pi} - 4\sqrt{3} = 8\sqrt{6}$$

$$4\sqrt{3} (2t - 1) + 8\sqrt{3} = 8 \cdot \frac{1}{2}$$



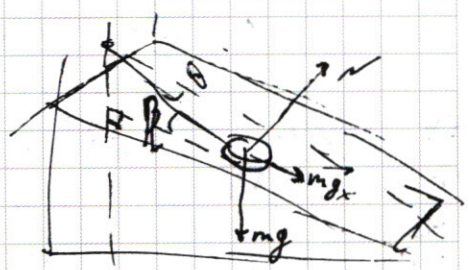
$$Q = T$$

$$N_2 = mg$$



$$N \sin \beta = \frac{\cos \theta \sin \alpha}{\cos \beta}$$

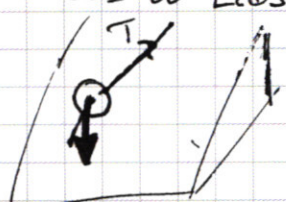
$$\sin \beta = \cos \theta \sin \alpha$$



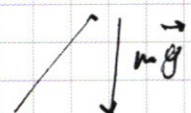
$$a = \omega^2 L \cos \beta$$

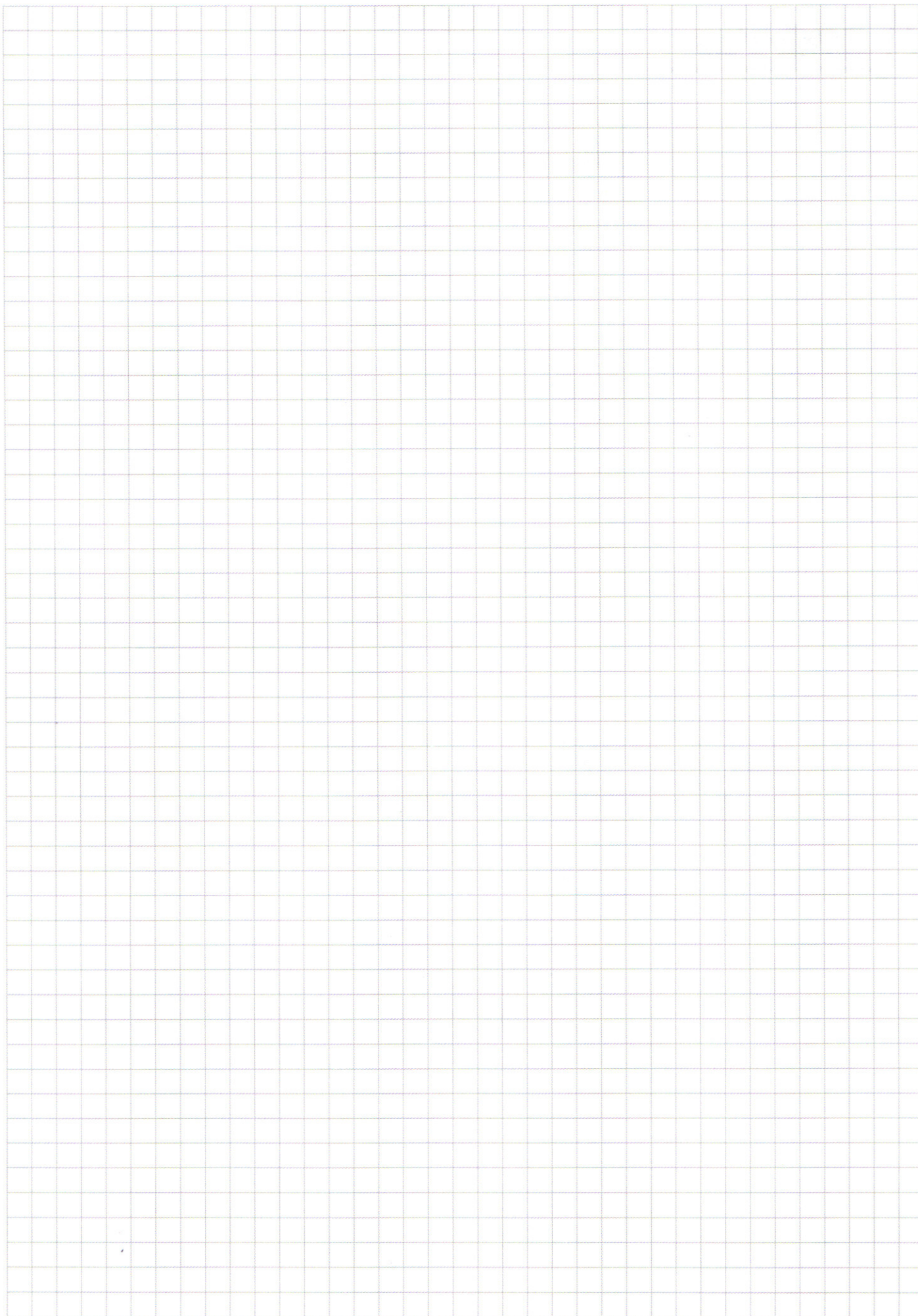
$$1) m \omega^2 L \cos \beta = T \cos \beta - N \sin \beta$$

$$2) N = m g \cos \alpha$$



$$m \vec{a} = \vec{N} + m \vec{g} + \vec{T}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)