

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

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?

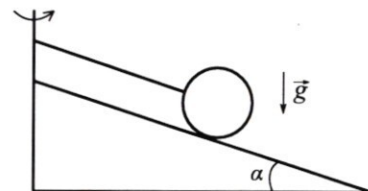
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

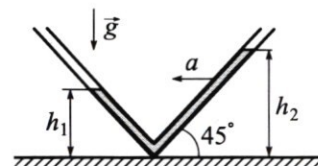


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.



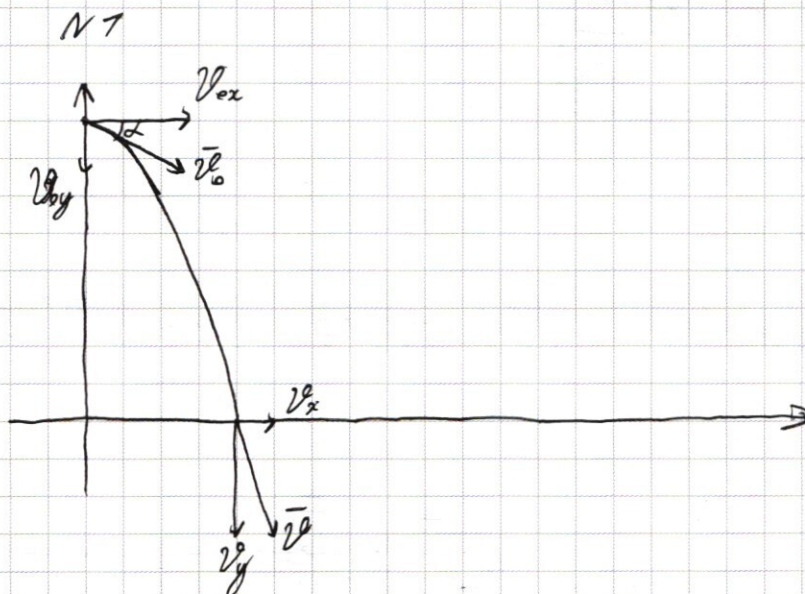
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

Дано
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v = 2v_0$
 $v_y = ?$
 $t = ?$
 $h = ?$



$$v_y^2 - v_{0y}^2 = 2gh \quad \frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2v_0)^2}{2}$$

$$mv_0^2 + 2mgh = 4mv_0^2$$

$$2gh = 3v_0^2$$

$$h = \frac{3v_0^2}{2g} \quad h = 15(м)$$

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

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

$$gt^2 + 2v_0 \sin \alpha \cdot t - 2h = 0$$

$$D = 4v_0^2 \sin^2 \alpha + 8gh = 4(v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh)$$

$$t = \frac{-2v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 8gh}}{2g}$$

- отрицательный
знак имеет не под-
ходит т.к. время
положительно

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g}$$

$$t = \frac{-5 + 2\sqrt{25 + 300}}{10} = \frac{-5 + 2\sqrt{325}}{10} =$$

$$= \frac{-5 + 10\sqrt{13}}{10} = \frac{2\sqrt{13} - 1}{10} \text{ (с)}$$

$$v_y^2 - v_{0y}^2 = 2gh$$

$$v_y = \sqrt{2gh + v_{0y}^2}$$

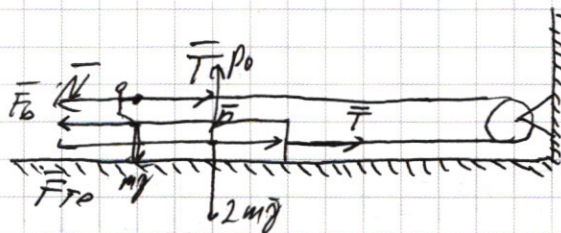
$$v_y = \sqrt{2gh + v_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$v_y = \sqrt{20 \cdot 15 + 25} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \text{ (м/с)}$$

Ответ: 1) $v_y = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $t = \frac{2\sqrt{13} - 1}{10} \text{ с}$ 3) $h = 15 \text{ м}$

N2

S
m
M=2m



μ
 $P_0 = ?$
 $F_0 = ?$
 $t = ?$

Силы действующие на человека:

$$T = N$$

Силы действующие на эскалатор

$$T + P = F_{тр}$$

$$P_0 = 2mg + mg = 3mg$$

$$P = N$$

$$F_{тр} =$$

$$T + N = F_{тр}$$

$$2T = F_{тр}$$

$$F_{тр} = mg\mu \quad m_0 = m + M = 3m$$

$$F_{тр} = 3mg\mu$$

$$2T = 3mg\mu$$

$$T = F_0$$

$$2F_0 = 3mg\mu$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Есть $F > F_0$ по условию движение с ускорением

$$F_{T0} + mg = 2F$$

$$mg\mu + mg = 2F$$

$$a = \frac{2F - mg\mu}{m}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$s = \frac{2F - mg\mu}{2m} t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2ms}{2F - mg\mu}}$$

15

Ответ: 1) $P_0 = 3mg$ 2) $F_0 = \frac{3}{2}mg\mu$
3) $t = \sqrt{\frac{2ms}{2F - mg\mu}}$

Дано:

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T = 300 \text{ К}$$

$$\gamma = 3,6$$

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

$$\mu = 77 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

$$\frac{P_0}{P}$$

$$\frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2}$$

$$P V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT \quad (1)$$

$$\frac{m_1}{V_1} = \frac{P\mu}{RT}$$

$$\frac{m_1}{V_1} = P\mu \quad \frac{P_0}{P} = \frac{P\mu}{RT P} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 77 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000}$$

$$= \frac{249}{10000000} \approx \frac{1}{40000}$$

$$P V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT \quad (2)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1}{m_2} \quad (1) \div (2) = \frac{P(V_1 - V_2)}{P(V_1 - V_2)} = \frac{P(V_1 - V_2)}{P(V_1 - V_2)}$$

$$p \gamma \bar{V}_2 = \frac{m_1}{\mu} R T$$

$$p \bar{V}_2 = \frac{m_2}{\mu} R T$$

$$\gamma = \frac{m_1}{m_2} \quad | - 1$$

$$\gamma - 1 = \frac{m_1 - m_2}{m_2}$$

$m_1 - m_2$ - масса воды
 m_2 - масса пара

$$\gamma - 1 = \rho$$

$$p \bar{V}_B = (m_1 - m_2)$$

$$p \bar{V}_H = m_2$$

$$\bar{V}_B = \frac{m_1 - m_2}{p_B} \quad \bar{V}_H = \frac{m_2}{p_H}$$

$$\gamma - 1 = \frac{p_H \bar{V}_B}{p_B \bar{V}_H}$$

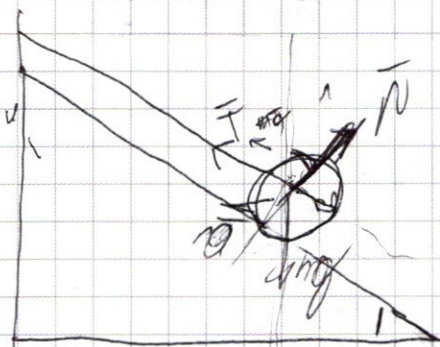
$$(\gamma - 1) p_H = \frac{p_B \bar{V}_B}{\bar{V}_H}$$

$$\frac{\bar{V}_H}{\bar{V}_B} = \frac{p_B}{(\gamma - 1) p_H}$$

$$\frac{\bar{V}_H}{\bar{V}_B} = \frac{4000}{9.6} \approx 417 \quad 868$$

Ответ: 1) $\frac{p_H}{p_B} = \frac{249}{4 \cdot 10^4} \approx \frac{1}{4 \cdot 10^4}$ 2) $\frac{\bar{V}_H}{\bar{V}_B} = 868$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$T \cos \alpha + N \sin \alpha = m a_H$$

$$T = \frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T = \frac{m a_H + N \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

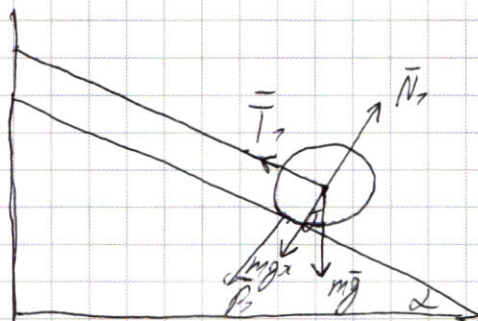
$$\frac{mg - N \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{m a_H + N \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{\frac{7}{30} - \frac{1}{20}}{2} \sqrt{\frac{20}{\frac{7}{30} + \frac{1}{20}}}$$

$$\frac{1}{75} \sqrt{\frac{30}{35-35}} \quad \sqrt{\frac{3 \cdot 20}{35-35}} \quad \sqrt{\frac{2}{75}}$$

N 3

m
R
 α
L
 P_1 - /
 P_2 - /



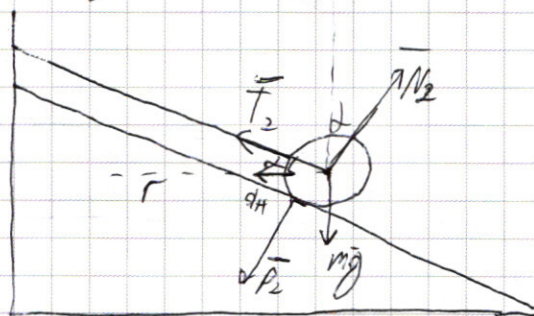
$$N_1 = P_1$$

$$N_1 = mgx$$

$$mgx = mg \cos \alpha$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$P_1 = mg \cos \alpha$$



$$N_2 = P_2$$

$$Oy: N_2 \cos \alpha + T_2 \sin \alpha = mg$$

$$Ox: T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = ma_H$$

$$T_2 = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T_2 = \frac{N_2 \sin \alpha + ma_H}{\cos \alpha}$$

$$\frac{mg - N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{N_2 \sin \alpha + ma_H}{\cos \alpha}$$

$$mg \cos \alpha - N_2 \cos^2 \alpha = N_2 \sin^2 \alpha + ma_H \sin \alpha$$

$$N_2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = m(g \cos \alpha - a_H \sin \alpha)$$

$$N_2 = m(g \cos \alpha - a_H \sin \alpha)$$

$$a_H = \omega^2 r \quad \cos \alpha = \frac{r}{R+L} = \cos \alpha \quad r = (R+L) \cos \alpha$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N_2 = m(g \cos \alpha - \omega^2(R+L) \cos \alpha)$$

$$N_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2(R+L)) \quad P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2(R+L))$$

Ответ: 1) $P_1 = mg \cos \alpha$

$$2) P_2 = m \cos \alpha (g - \omega^2(R+L))$$

№4

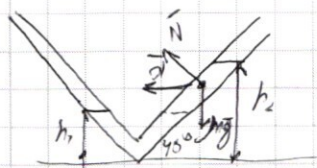
$$\alpha = 45^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 0,7 \text{ м}$$

$$h_2 = 1$$

$$\rho = 1$$



$$mg = N$$

$$mg = N \sin \alpha$$

$$N \cos \alpha = Mg$$

$$\tan \alpha = \frac{g}{N}$$

$$m = \rho (h_2 - h_1) S$$

$$M = \rho (h_1 + h_2) S$$

$$\rho (h_2 - h_1) S g = N \sin \alpha$$

$$N \cos \alpha = \rho (h_1 + h_2) S g$$

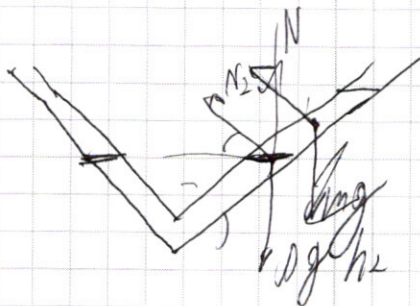
$$\tan \alpha = \frac{(h_2 - h_1) g}{(h_1 + h_2) g}$$

$$h_1 \tan \alpha + h_2 \tan \alpha = h_2 g - h_1 g$$

$$h_2 (g - \tan \alpha) = -h_1 (g + \tan \alpha)$$

$$h_2 = \frac{h_1 (g + \tan \alpha)}{g - \tan \alpha}$$

$$h_2 = \frac{0,7 (9,8 + 1)}{9,8 - 1} = \frac{7,4}{8,8} = \frac{7}{9} \text{ (м)}$$



$$N_2 \sin \alpha = \rho g (h_2 - h_1) \cdot S$$

$$N_2 \cos \alpha = mg$$

$$\tan \alpha = \frac{\rho g (h_2 - h_1) S}{m \cdot g}$$

$$h_2 = \frac{m \tan \alpha}{\rho g S} + h_1$$

$$m = S (h_2 - h_1) \rho$$

$$\tan \alpha = \frac{(h_2 - h_1)^2 \rho^2 g}{\rho g (h_2 - h_1) S}$$

$$\tan \alpha = \frac{\rho g (h_2 - h_1) S}{S (h_2 - h_1) \rho g}$$

$$\tan \alpha = \frac{(h_2 + h_1) S \rho}{2 (h_2 - h_1)}$$

$$h_1 \tan \alpha + h_2 \tan \alpha = g h_2 - g h_1$$

$$h_2 (\tan \alpha - g) = -h_1 (g + \tan \alpha)$$

$$h_2 = \frac{h_1 (g + \tan \alpha)}{\tan \alpha - g} = \frac{20 \cdot 7 \cdot (20 + 4)}{20 - 4} = \frac{74}{6} = \frac{74}{60} = \frac{7}{30}$$

$$\rho g \frac{h_2 - h_1}{2} S = (h_1 + h_2) \rho g S$$

$$g = \frac{\rho g (h_2 - h_1)}{4 (h_1 + h_2)}$$

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

$$g = \frac{g (h_2 - h_1)}{4 (h_1 + h_2)}$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Зависит уровень воды в трубах будет
при высоте $\frac{h_1+h_2}{2}$. Средняя труба будет полна
Сила выталкивания $\frac{h_1+h_2}{2}$ $\Rightarrow$ средняя зна-
чение сил будет на высоте $\frac{h_1+h_2}{2}$ от верха
трубы

$$m'g = Mg$$

$$m' = \rho S \frac{h_1+h_2}{2} \quad M = (h_1+h_2) S \rho$$

$$\frac{h_1+h_2}{2} g = (h_1+h_2) g'$$

$$g' = \frac{(h_1-h_2)g}{(h_1+h_2)}$$

$$v^2 = 2a \left(\frac{h_1-h_2}{2} \right) = g(h_1-h_2)$$

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

$$v = \frac{h_1-h_2}{2} \sqrt{\frac{g}{h_1+h_2}} \approx \frac{8.32 \sqrt{70}}{2}$$

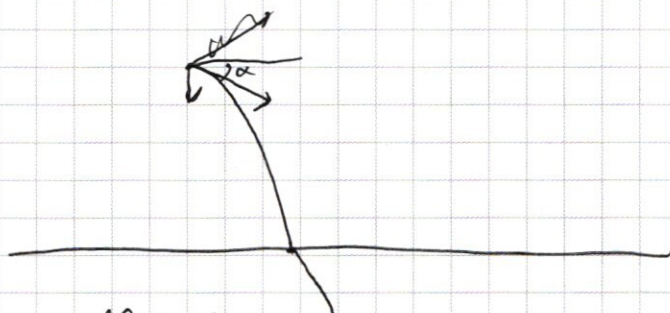
$$v = \frac{\frac{7}{30} - \frac{1}{70}}{2} \sqrt{\frac{70}{\frac{7}{30} + \frac{1}{70}}} = \sqrt{\frac{2}{75}} \text{ (м/с)}$$

Ответ: 1) $h_2 = \frac{7}{30} \text{ м}$ 2) $v = \sqrt{\frac{2}{75}} \text{ м/с}$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

$$v_0 \cos \alpha$$

$$v_0 \sin \alpha + g t$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + m g h = \frac{m 4 v_0^2}{2}$$

$$4 v_0^2 + 2 g h = 4 v_0^2$$

$$2 g h = 3 v_0^2$$

$$h = \frac{3 v_0^2}{2 g}$$

$$\frac{3 v_0^2}{2 g} = v_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2}$$

$$F_{\text{тр}} = 3 m \mu$$

$$N \cos \alpha - mg + T \sin \alpha = m a \sin \alpha$$

$$S = \frac{\mu}{4} t^2$$

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

$$\omega^2 R$$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$mg \sin \alpha = T$$

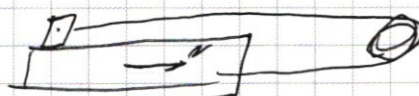
$$T +$$

$$v_0 \sin \alpha$$

$$v_0^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha = 3 v_0^2$$

$$v_y = v_0 \sqrt{3 + \sin^2 \alpha}$$

$$3 m g$$

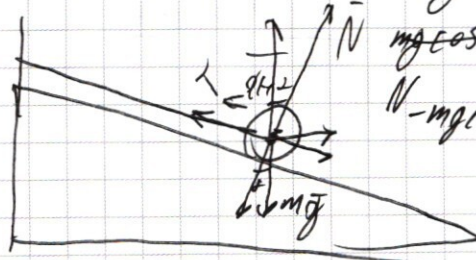


$$2T = 3 m \mu$$

$$T = \frac{3}{2} m \mu$$

$$3 m a = \frac{3}{2} m \mu \quad T + m \omega^2 (L+R) = mg \sin \alpha$$

$$d = \frac{\mu}{2}$$

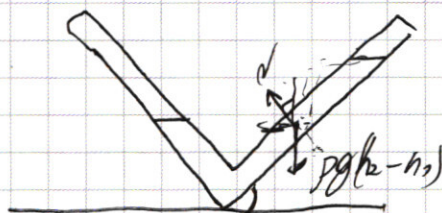
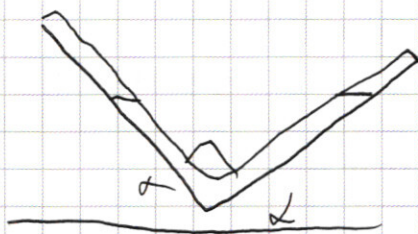


$$mg \cos \alpha = N$$

$$N - mg \cos \alpha = m a$$

$$(L+R) \quad \omega^2 R = v \frac{v_0^2}{R}$$

$$\Omega_H = \omega^2 R$$



$$mg = N \sin \alpha$$

$$\rho g (h_1 - h_2) = N \cos \alpha$$

$$\frac{mg}{\rho g (h_1 - h_2)} = \tan \alpha$$

$$p V_1 = \frac{m_1}{M} R T$$

$$p V_2 = \frac{m_2}{M} R T$$

$$\frac{m_1}{V_1} = \frac{\rho M}{R T}$$

$$D = \frac{\rho M}{R T}$$

$$\frac{m_1 - m_2}{V_1 - V_2} = \rho D \quad \rho D =$$

$$p (V_1 - V_2) = \frac{R T}{M} (m_1 - m_2)$$

$$\frac{M \rho}{R T}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 24 \\ \hline 72 \end{array}$$

$$7000 \overline{) 250}$$

$$p \gamma V_2 = \frac{m_1}{M} R T$$

$$p V_2 = \frac{m_2}{M} R T$$

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

$$m_1 - m_2 = \text{возв}$$

$$m_2 - \text{возв}$$

$$\gamma = \frac{m_1 - m_2}{m_2} = \frac{\rho D (V_1 - V_2)}{\rho D V_2}$$

$$\begin{array}{r} 7000 \overline{) 46} \\ 292 \overline{) 2877} \\ \underline{80} \\ 46 \\ \underline{290} \\ 277 \\ \underline{270} \\ 70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} (\gamma - 1) D \\ \hline 217 \\ \text{mm} \end{array}$$

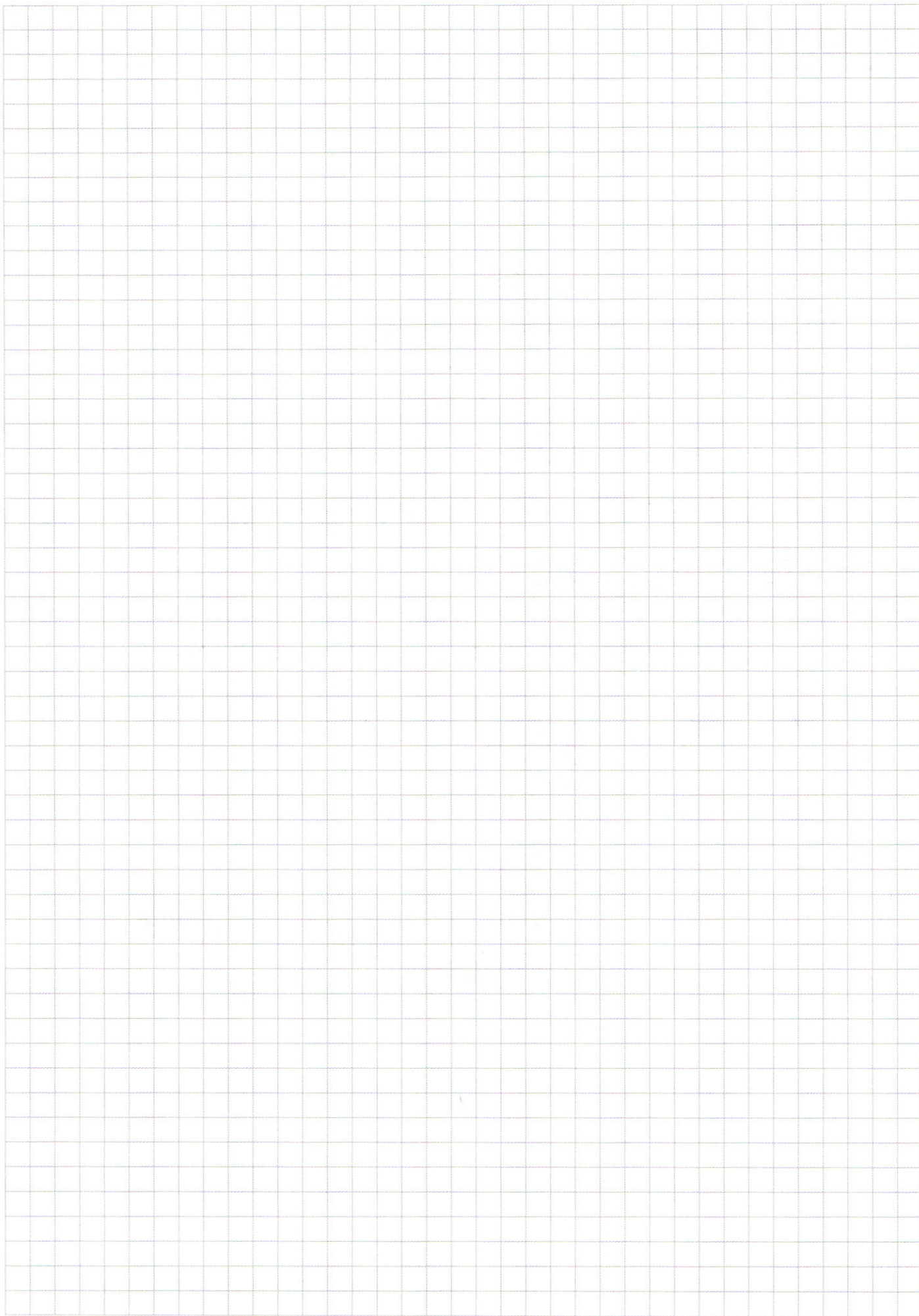
$$\begin{array}{r} 217 \\ \times 4 \\ \hline 868 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 & N \sin \alpha \\
 & T \cos \alpha - N \sin \alpha = m a_H \cos \alpha \quad T \cos \alpha = N \sin \alpha + m a_H \cos \alpha \\
 & T \sin \alpha = m a_H \sin \alpha + m g - N \cos \alpha \\
 & \cancel{\text{tg} \alpha = \frac{m a_H \sin \alpha + m g - N \cos \alpha}{N \sin \alpha + m a_H \cos \alpha}} \\
 & N \sin \alpha \cdot \cancel{\text{tg} \alpha} + m a_H \sin \alpha = m a_H \sin \alpha + m g - N \cos \alpha \\
 & N (\sin \alpha \cdot \cancel{\text{tg} \alpha} - \cos \alpha) = m a_H \sin \alpha - m g \\
 & T = \frac{m a_H \sin \alpha + m g - N}{\sin \alpha} \\
 & (m a_H \sin \alpha + m g - N) \text{ctg} \alpha = N \sin \alpha + m a_H \cos \alpha
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r}
 2,31 \quad 355 \quad 3550 \quad 8,31 \\
 \hline
 3324 \quad 475 \\
 1260 \\
 131 \\
 4290 \\
 4155 \\
 \hline
 1350
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0,475 \cdot 3 \\
 \hline
 50770
 \end{array}
 \quad
 \frac{1,245}{50000} = \frac{124249}{30^2}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)