

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

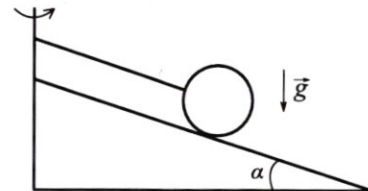
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



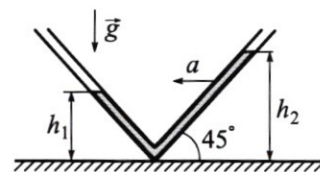
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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:

$$\omega_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\omega_k = 2,5 \omega_0$$

$$\omega_{ky} = ?$$

$$t = ?$$

$$L = ?$$

по м. Тирефорда:

$$\omega_k^2 = \omega_{ky}^2 + \omega_x^2$$

$$\omega_{ky} = \sqrt{\omega_k^2 - \omega_x^2}$$

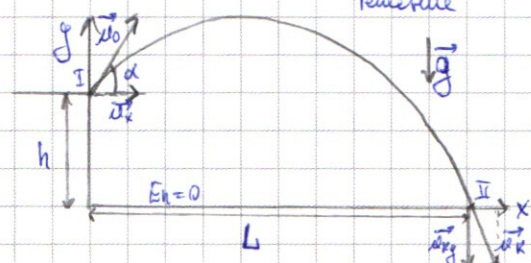
$$\omega_x = \omega_0 \cos \alpha = \text{const}$$

$$\omega_{ky} = \sqrt{6,25 \omega_0^2 - \omega_0^2 \cdot 0,25}$$

$$\omega_{ky} = \omega_0 \cdot \sqrt{6}$$

$$\omega_{ky} = 8 \text{ м/с} \cdot 2,45 = 19,6 \text{ м/с}$$

Решение



Ур-я РУД:

$$L = \omega_0 \cos \alpha \cdot t \quad (1)$$

$$0 = h + \omega_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2} \quad (2)$$

g-м закон сохранения энергии:

$$E_I = E_{II}$$

$$mgh + \frac{m\omega_0^2}{2} = \frac{m\omega_k^2}{2}$$

$$gh = \frac{6,25 \omega_0^2 - \omega_0^2}{2} \Rightarrow h = \frac{5,25 \omega_0^2}{2g}$$

$$h = \frac{5,25 \cdot (8 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 16,8 \text{ м}$$

зная h из кв. ур-я (2) найдём t:

$$\frac{g}{2} t^2 - \omega_0 \sin \alpha \cdot t - h = 0$$

$$t = \frac{\omega_0 \sin \alpha + \sqrt{\omega_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g}$$

(не рассматриваем
второй корень, т.к. он < 0)

$$t = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{(8 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \cdot (\frac{\sqrt{3}}{2})^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 16,8 \text{ м}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2,63 \text{ с}$$

из ур-я (1) найдём L

$$L = \omega_0 \cos \alpha \cdot t = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,63 \text{ с}$$

$$L = 10,52 \text{ м}$$

Ответ: 1) $\omega_{ky} = 19,6 \text{ м/с}$

2) $t = 2,63 \text{ с}$

3) $L = 10,52 \text{ м}$

N3

Дано:

ω
 m

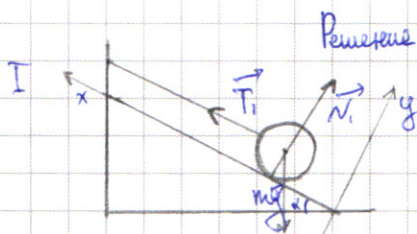
R

d

L

$T_1 = ?$

$T_2 = ?$

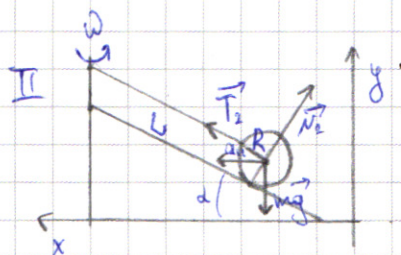


Решение

$$\text{II } \sum F: 0 = \vec{mg} + \vec{T}_1 + \vec{N}_1$$

$$O_x: 0 = T_1 - mg \cos \alpha$$

$$T_1 = mg \cos \alpha$$



$$\text{II } \sum F: m \vec{a}_n = \vec{T}_2 + \vec{N}_2 + \vec{mg}$$

$$O_x: m a_n = T_2 \cos \alpha - N_2 \sin \alpha$$

$$O_y: 0 = T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha - mg$$

$$N_2 = \frac{T_2 \cos \alpha - m a_n}{\sin \alpha}; \quad N_2 = \frac{mg - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{T_2 \cos \alpha - m a_n}{\sin \alpha} = \frac{mg - T_2 \sin \alpha}{\cos \alpha} \quad | \cdot \sin \alpha$$

$$T_2 (\cos \alpha + \tan \alpha \sin \alpha) = m(g \tan \alpha + a_n)$$

$$T_2 \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = m(g \tan \alpha + a_n)$$

$$T_2 = m(g \tan \alpha + a_n) \cos \alpha; \quad a_n = \omega^2 r - \text{центрипетальная ускорение}$$

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

размерность: $[T] = \text{кг} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{1}{\text{с}^2} \cdot \text{м} \right) = \text{Н}$

Ответ: 1) $T_1 = mg \cos \alpha$

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

N5

Дано:

$$T = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

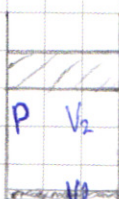
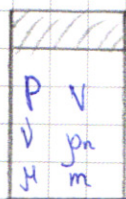
$$T = \text{const}$$

$$\rho = 1,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \gamma = 4,7$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; \quad V = \gamma V_2$$

$$k = \frac{\rho_n}{\rho} = ?; \quad d = \frac{V_2}{V_1} = ?$$

Решение



$$PV = \nu RT - \text{уравнение Менделеева-Клапейрона}$$

$$V = \frac{\nu RT}{P}; \quad \rho_n = \frac{m}{V} \text{ (плотность)}$$

$$\rho_n = \frac{\mu \nu}{V} = \frac{\mu \nu}{\frac{\nu RT}{P}} = \frac{\mu P}{RT} \quad \nu = \frac{m}{\mu} - \text{количество вещества}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho} = k = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{\mu P}{RT \rho}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$k = \frac{0,018 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}}{8,51 \frac{\text{Физ}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К} \cdot 1000 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0,0048$$

в ходе опыта масса содержимого не изменилась

$$m = m_1 + m_2 \Rightarrow \rho V = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2$$

$$\rho_1 V_2 \cdot x = \rho_1 V_2 + \rho_2 V_2$$

$$\rho_1 V_2 (x-1) = \rho_2 V_2$$

$$d = \frac{V_2}{V_2} = \frac{\rho}{\rho_1(x-1)} = \frac{\rho}{k\rho_1(x-1)} = \frac{1}{k(x-1)}$$

$$d = \frac{1}{0,0048 \cdot (4,7-1)} = 5,63$$

Ответ: 1) $k = 0,0048$

2) $d = 5,63$

№2

Решение

S

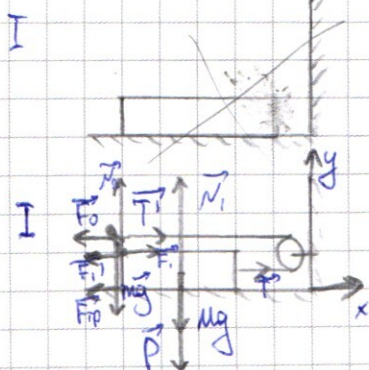
$m, M = 5m$

У

$F (F > F_0)$

$F_0 - ?; P - ?$

$\mu - ?$



$T = T'$ - нить невесомая

$F_1 = F_1'$ - III з.Н

$F_0 = T'$ - III з.Н

II з.Н: для человека:

$$0 = \vec{T}' + \vec{F}_1' + \vec{N}_2 + m\vec{g}$$

$$0x: T' = F_1' \Rightarrow T = F_0 = F_1$$

Решение

человек давит на ящик с силой mg и F_1

II з.Н: для ящика

$$0 = \vec{N}_1 + (m+M)\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_{тр} + \vec{T}$$

$$0y: N_1 = (m+M)g = 6mg$$

$$0x: T + F_1 = F_{тр}$$

$$N_1 = P \text{ по III з.Н.}$$

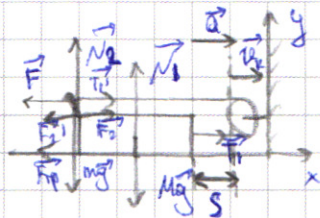
$$P = 6mg$$

$$\text{т.к. } T + F_1 = F_{тр}, \text{ то } 2F_0 = F_{тр}$$

$$F_0 = \frac{F_{тр}}{2}; F_{тр} = \mu N_1 = 3 \cdot K - A$$

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

II



II з.н для шара:

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{T}_1' + \vec{F}_2' + \vec{N}_2 + m\vec{g}$$

$$T_1' = T_1 - \text{нить невесомая}$$

$$F_2' = F_2 - \text{III з.н}$$

$$T_1' = F - \text{II з.н}$$

↓

$$Ox: m\alpha = T_1 - F_2 \Rightarrow F_2 = T_1 - m\alpha \quad (2)$$

у ш-а РЗР:

$$v_k = at$$

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (\text{т.к. } v_0 = 0)$$

$$S = \frac{a v_k^2}{2a^2} = \frac{v_k^2}{2a}$$

$$v_k = \sqrt{2Sa} \quad (4)$$

II з.н для шарика:

$$M\vec{a} = (m+M)\vec{g} + \vec{F}_2 + \vec{T}_1 + \vec{F}_{tr} + \vec{N}_1$$

$$Ox: M\alpha = T_1 - F_{tr} + F_2 \quad ; \quad F_{tr} = 6\mu mg$$

$$M\alpha = T_1 - 6\mu mg + F_2 \quad (1)$$

подставим (2) в (1):

$$M\alpha = 2T_1 - m\alpha - 6\mu mg$$

$$M\alpha = 2F - m\alpha - 6\mu mg$$

$$a(M+m) = 2F - 6\mu mg$$

$$a = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} \quad (3)$$

подставим (3) в (4):

$$v_k = \sqrt{2 \cdot S \cdot \left(\frac{2F - 6\mu mg}{6m} \right)}$$

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

$$\text{размерность: } [v] = \sqrt{\frac{M \cdot (H - H)}{K}} = \frac{H}{C}$$

Ответ: 1) $P = 6mg$

2) $F_0 = 3\mu mg$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано:

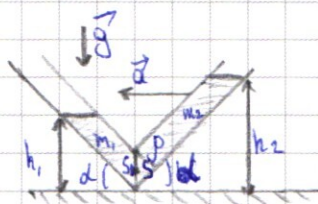
$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$a = ?$

Решение



Т.к. $\angle$ между S и $S_1 = \alpha$, то

$$S = S_1 \cdot \cos \alpha = S_1 \cos 45^\circ$$

Условие равновесия:

$$pgh_1 \cdot S_1 + m_1 a = pgh_2 \cdot S_1 + m_2 a - m_2 a$$

$$m_1 = \rho \cdot \frac{h_1 \cdot S}{\sin 45^\circ}; \quad m_2 = \rho \cdot \frac{h_2 \cdot S}{\sin 45^\circ}$$

$$pgh_1 \cdot S_1 + a \cdot \frac{h_1 \cdot S_1 \cdot \cos 45^\circ}{\sin 45^\circ} = pgh_2 \cdot S_1 - a \cdot \frac{h_2 \cdot S_1 \cdot \cos 45^\circ}{\sin 45^\circ}$$

$$\frac{\cos 45^\circ}{\sin 45^\circ} = \operatorname{ctg} 45^\circ = 1$$

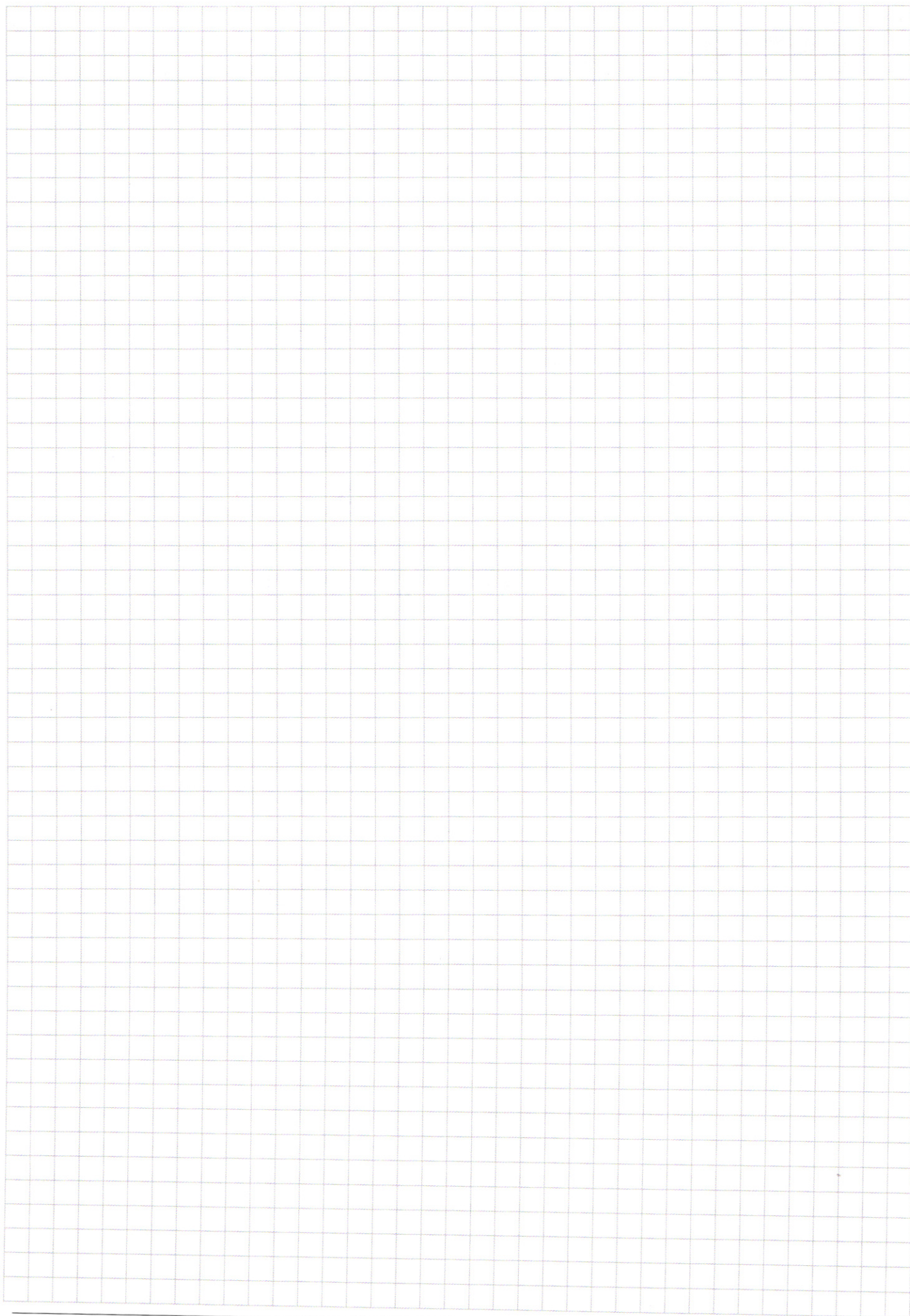
$$gh_1 + a \cdot h_1 = gh_2 - a \cdot h_2$$

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

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

$$a = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (12 \text{ см} - 8 \text{ см})}{8 \text{ см} + 12 \text{ см}} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{ см}}{20 \text{ см}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

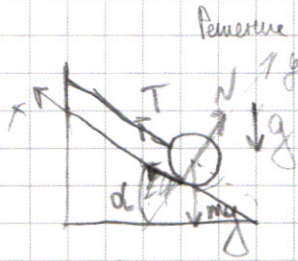
Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

276

[illegible]

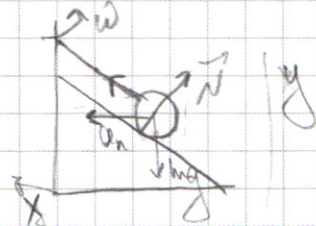
№ 3
R
d
L



$$\sum F_i = 0 = mg + T + N + R$$

$$O_x: T = mg \sin \alpha$$

$$O_y: N = mg \cos \alpha$$



~~W~~

$$v = \omega R$$

$$a_k = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

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

$$O_x: m a_n = T \cos \alpha - N \sin \alpha = 0$$

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

$$T_2 \cos \alpha - m a_n = m g \sin \alpha - T_2 \sin \alpha$$

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

$$T_2 (\cos \alpha + \sin \alpha) = m (g \sin \alpha + a_n)$$

$$T_2 \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{m (g \sin \alpha + a_n) + T \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{m g + T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{T_2}{\cos \alpha} = m (g \sin \alpha + a_n)$$

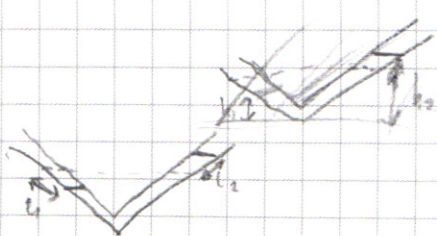
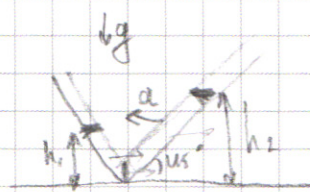
$$m a_n + T \cos \alpha = m g \sin \alpha + T \sin \alpha$$

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

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

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

№ 4
a - ?



~~pg h_1 + m a s~~

$$p g h_1 + m a s = p g h_2 - m a s$$

$$m_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} \cdot s$$

$$p g h_1 \cdot s + \frac{h_1}{\sin \alpha} \cdot s a = p g h_2 \cdot s + \frac{h_2}{\sin \alpha} \cdot s a$$

$$a \left(\frac{h_1 + h_2}{\sin \alpha} \right) = p g (h_2 - h_1)$$

$$a = \frac{g (h_2 - h_1) \sin \alpha}{h_1 + h_2} = \frac{10 \cdot 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{20} = \sqrt{2} = 1,41$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

P, V

P, V_2, v_2

$$p = \frac{m}{V} \quad \text{or} \quad p = \frac{\mu V}{V} = \frac{\mu p}{V}$$

$$pV = \nu RT \quad \text{or} \quad V = \frac{\nu RT}{p}$$

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

$$273 + 45 = 318$$

$$\frac{10000}{1726} = \frac{5000}{888} = \frac{2500}{444}$$

$$\frac{1250}{222} = \frac{625}{111}$$

$$\frac{625}{555} = \frac{111}{5,63}$$

$$\frac{200}{666} = \frac{340}{333}$$

$$\frac{0,18}{368} \cdot 10 = 0,0048$$

$$\frac{0,1800}{1,472} = 0,1226$$

$$pV = pV_2 + p_2V_2$$

$$p \gamma V_2 = pV_2 + p_2V_2$$

$$pV_2(\gamma - 1) = p_2V_2$$

$$\frac{V_2}{V_2} = \frac{p_2}{p(\gamma - 1)}$$

$$\frac{0,018}{368} \cdot 10 = 0,0048$$

$$\frac{0,1800}{1,472} = 0,1226$$

$$V = \gamma V_2 = 4,2 V_2$$

$$0,018 \cdot 10 = 0,18$$

$$\frac{0,18}{368} = 0,000489$$

$$\frac{0,1800}{1,472} = 0,1226$$

$$\vec{a} = \vec{N}_1 + \vec{Mg} + \vec{F}_1 + \vec{F}_{1p} + \vec{T}$$

$$O_x: F = F_{1p} + F_1$$

$$T + F_1 = F_{1p}$$

$$O_y: N_1 = Mg + mg = 6mg$$

$$P = N_1 = 6mg$$

$$T = T' = F_0$$

$$F_0 = \frac{F_{1p}}{2}$$

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

res:

$$T = F_0 + F_1$$

$$T = F_0 + F_1$$

$$T = F_0 + F_1$$

$$F_1 = T$$

$$T = F_0 \Rightarrow F_1 = F_0$$

$$M\vec{a} = \vec{F}_{TP} + \vec{N}_1 + (M+m)\vec{g} + \vec{F}_2 + \vec{T}$$

или:

$$ma = T - F_2$$

$$O_x: Ma = T - F_{TP} + F_2$$

$$Ma = 2F - F_{TP} - ma$$

$$a(M+m) = 2F + 6\mu mg$$

$$a = \frac{2F + 6\mu mg}{M+m}$$

$$v = at$$

$$t = \frac{v}{a}$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{av^2}{2a^2}$$

$$v^2 = 2Sa$$

или

