

Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 10-02

Класс 10

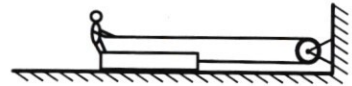
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

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.

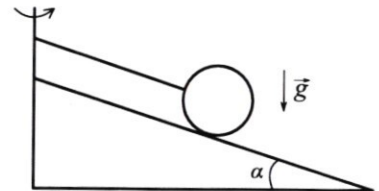
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

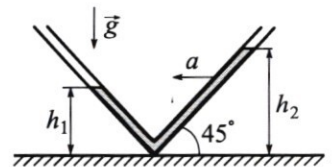
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

№ 1.

Дано:

Найти:

$$V_0 = 100 \text{ м/с}$$

1) V_{y1} - ? (вертик. компонента скорости при падении)

$$\alpha = 30^\circ$$

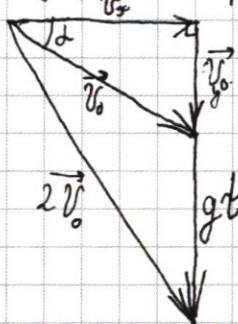
2) t - ? (время полёта)

$$V_1 = 2V_0$$

3) h - ? (высота вышки)

Решение.

Гайка постоянно приближалась к поверхности Земли $\Rightarrow \vec{V}_0$ направлена вниз. Изобразим треугольник скоростей:



V_{y0} - вертикальная компонента в начальный момент времени.

V_x - горизонтальная компонента ($V_x = \text{const}$)

По Δ Пифагора:

$$\left. \begin{aligned} V_x^2 &= V_0^2 - V_{y0}^2 = 4V_0^2 - (gt + V_{y0})^2 \\ V_{y0} &= V_0 \cdot \sin \alpha = V_0/2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5V_0^2 = g^2 t^2 + 2gtV_0/2 + V_0^2/4 - V_0^2/4 = g^2 t^2 + gtV_0$$

$$g^2 t^2 + gV_0 t - 5V_0^2 = 0; \text{ Решим квадратное уравнение.}$$

$$100t^2 + 100t - 500 = 0$$

$$D = 100^2 + 200000 = 210000 = (100\sqrt{2.1})^2 \approx 145^2$$

$$t_1 = \frac{-100 - 145}{200} = -1.225 \text{ — отрицательный корень}$$

$$t_2 = \frac{-100 + 145}{200} = \frac{45}{200} = 0.225 \text{ с (2)}$$

$$V_{y1} = V_{y0} + gt = V_0/2 + gt = 5 \text{ м/с} + 2.25 \text{ м/с} = 7.25 \text{ м/с (1)}$$

$$h = V_0 t/2 + gt^2/2 \approx 1.38 \text{ м (3) (уравнение координат на вертик. ось)}$$

Ответ: 1) $V_{y1} = 7.25 \text{ м/с}$ 2) $t = 0.225 \text{ с}$ 3) $h = 1.38 \text{ м}$

СМОТРИ

СТРАНИЦУ 5

№2.

Дано:

$$S; m; M=2m; \mu; F > F_0$$

Найти:

- 1) P - ? (давление в пал.)
- 2) F_0 - ?
- 3) t - ? (время выполнения задачи)

Решение.

1) $P = Mg + mg = 3mg$ (сумма проекций внешних сил системы человек - ящик) II

2) $F_0 = T$ - силы, действующие на канат.

$$3mg \cdot \mu = 2T = 2F_0$$

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

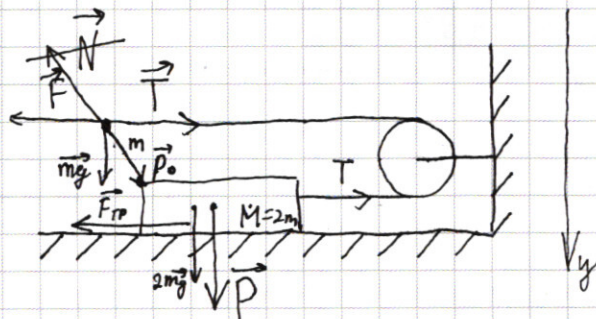
3) $3ma = 2F - 3\mu mg$ (II з-он Ньютона)

$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m} \quad \text{— ускорение бруска.}$$

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

$$t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: 1) $P = 3mg$ 2) $F_0 = \frac{3}{2} \mu mg$ 3) $t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$



N - сила реакции ящика на человека

$$\vec{N} - \vec{mg} - \vec{T} = 0$$

P_0 - давление человека на ящик. ($\vec{P}_0 = \vec{mg} + \vec{T}$)

№3.

Дано: m, R, L, d, w .

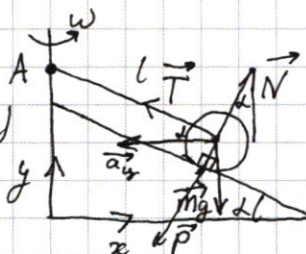
Найти: 1) P - ? (давление шара на клин в покое)

2) P' - ? (давление шара на клин при вращ.)

Решение.

$$\left. \begin{aligned} 1) T \cos \alpha &= N \sin \alpha = P \sin \alpha \quad (\text{проекция сил на ось } x); \quad T = P \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \\ mg &= T \sin \alpha + N \cos \alpha = T \sin \alpha + P \cos \alpha \quad (\text{на ось } y) \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mg = P \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + P \cos \alpha = P \left(\frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = P / \cos \alpha \Rightarrow P = mg \cos \alpha$$



T - сила натяжения нити.

N - сила реакции опоры

a_y - центростремительное ускорение.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) N' ; P' ; T' — соответствующие величины при движении.

$$a_y = \omega^2 l \cos \alpha$$

Пусть $m.A$ — центр вращения, тогда элементарный смѣ:

$$P' l = mg l \cos \alpha - \underbrace{m \omega^2 l \cos \alpha \cdot l \cos \alpha}_{\text{сила, компенсирующая центрострем. ускорение.}}$$

сила, компенсирующая центрострем. ускорение.

$$P' = m \cos \alpha (g - \omega^2 l \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $P = mg \cdot \cos \alpha$ 2) $P' = m \cos \alpha (g - \omega^2 l \sin \alpha)$

№4.

Дано: $\alpha = 45^\circ$

Найти: 1) h_2 — ?

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

2) V — ?

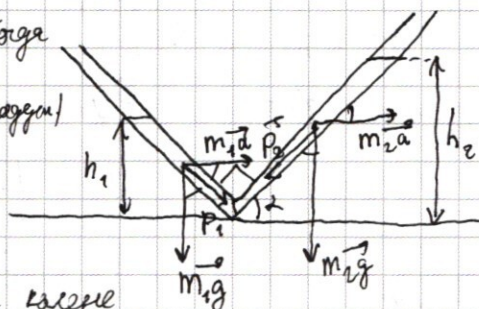
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

t — ? (время, когда

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

уровни масла совпадают)

РЕШЕНИЕ



1) $P_1 = P_2$ (давления в левом и правом колене
соответственно).

$$m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha = m_2 g \cos \alpha - m_2 g \cos \alpha (\cos \alpha = \cos 90 - \alpha) \quad m_1 - \text{масса левой}$$

части масла; m_2 — правой

$$m_1 / m_2 = \frac{g - a}{g + a} = \frac{3}{7}$$

Площадь поперечного сечения по всей трубке одинакова, как и плотность $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{S P l_1}{S \rho l_2} = \frac{h_1 \cos \alpha}{h_2 \cos \alpha} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{3}{7} \approx 0,43 \quad h_2 \approx 23,3 \text{ см}$$

2) Перейдём в неинерциальную систему отсчёта, связанную с трубой. В момент остановки прекращается ускорение, на воду начинает действовать сила, противоположная по направлению с предыдущей.

Скорость V не приобретаемая мгновенно. $V=0$

Ускорение сближения уровней:

$$a_y = a \cos \alpha$$

Разница между уровнями и

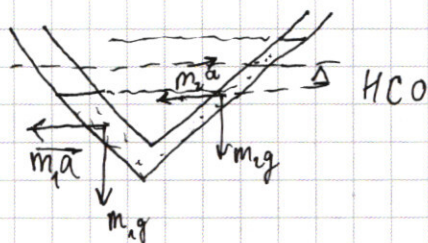
уровнем средним:

$$\Delta = \frac{h_1 + h_2}{2} - h_1 = 6,6 \text{ см}$$

$$\Delta = \frac{a_y t^2}{2} \quad (\text{уравнение движения})$$

$$t = \sqrt{\frac{2\Delta}{a_y}} = \sqrt{\frac{2\Delta}{a \cos \alpha}} \approx \sqrt{0,047} = 0,1 \cdot \sqrt{4,7} \approx 0,48 \text{ с}$$

Ответ: 1) $h_2 = 23,3 \text{ см}$ 2) $V=0$; $t = 0,48 \text{ с}$



Дано:

$$P = 3,55 \cdot 10^5 \text{ Па}; \mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$T = 27^\circ \text{C}; \rho_8 = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}; \gamma = 5,6$$

Найти:

$$1) \frac{P_n}{P_8} - ? \quad (\text{отношение}$$

плотности пара к плотн. воды)

$$2) \frac{V_n'}{V_8'} - ? \quad (\text{отношение объёмов}$$

пара и воды к указанному моменту)

$$\Rightarrow \frac{V_n'}{V_8'} = \frac{1}{\frac{P_n}{P_8}(\gamma - 1)} \approx \frac{1}{2,53 \cdot 10^{-3} \cdot 4,6} = \frac{1000}{2,53 \cdot 4,6} \approx 86.$$

Ответ: 1) $\frac{P_n}{P_8} \approx 2,53 \cdot 10^{-3}$ 2) $\frac{V_n'}{V_8'} \approx 86$

Решение

$$1) PV = \nu RT - \text{з-он Менделеева-Клапейрона}$$

$$P_n \mu = P_n RT$$

$$P_n = \frac{P_n \mu}{RT} \quad | : P_8$$

$$\frac{P_n}{P_8} = \frac{P_n \mu}{RT P_8} = \frac{3,55 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} \approx 0,002531 =$$

$$= 2,53 \cdot 10^{-3}$$

$$2) \text{Объём скопившегося пара } V_0 - V_8', \text{ масса неизменна:}$$

$$m_8 = V_0 \rho_n (1 - \frac{1}{\gamma}) = V_8' \rho_8 \Rightarrow V_8' = \frac{P_n}{P_8} V_0 (1 - \frac{1}{\gamma}) \Rightarrow$$

$$V_n' = V_0 / \gamma \quad (\text{по условию})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 (продолжение)

$$D = 10000 + 200000 = (100\sqrt{21})^2 \approx 460^2$$

$$t_1 = \frac{-100 - 460}{200} < 0 \text{ — неслучайный корень}$$

$$t_2 = \frac{-100 + 460}{200} = \frac{360}{200} = 1,8 \text{ с} \quad (2)$$

$$v_{y1} = v_{y0} + gt = \frac{v_0}{2} + gt = 5 \text{ м/с} + 18 \text{ м/с} = 23 \text{ м/с} \quad (1)$$

$$h = v_0 t_{\frac{1}{2}} + g \frac{t^2}{2} = 25,2 \text{ м} \quad (3)$$

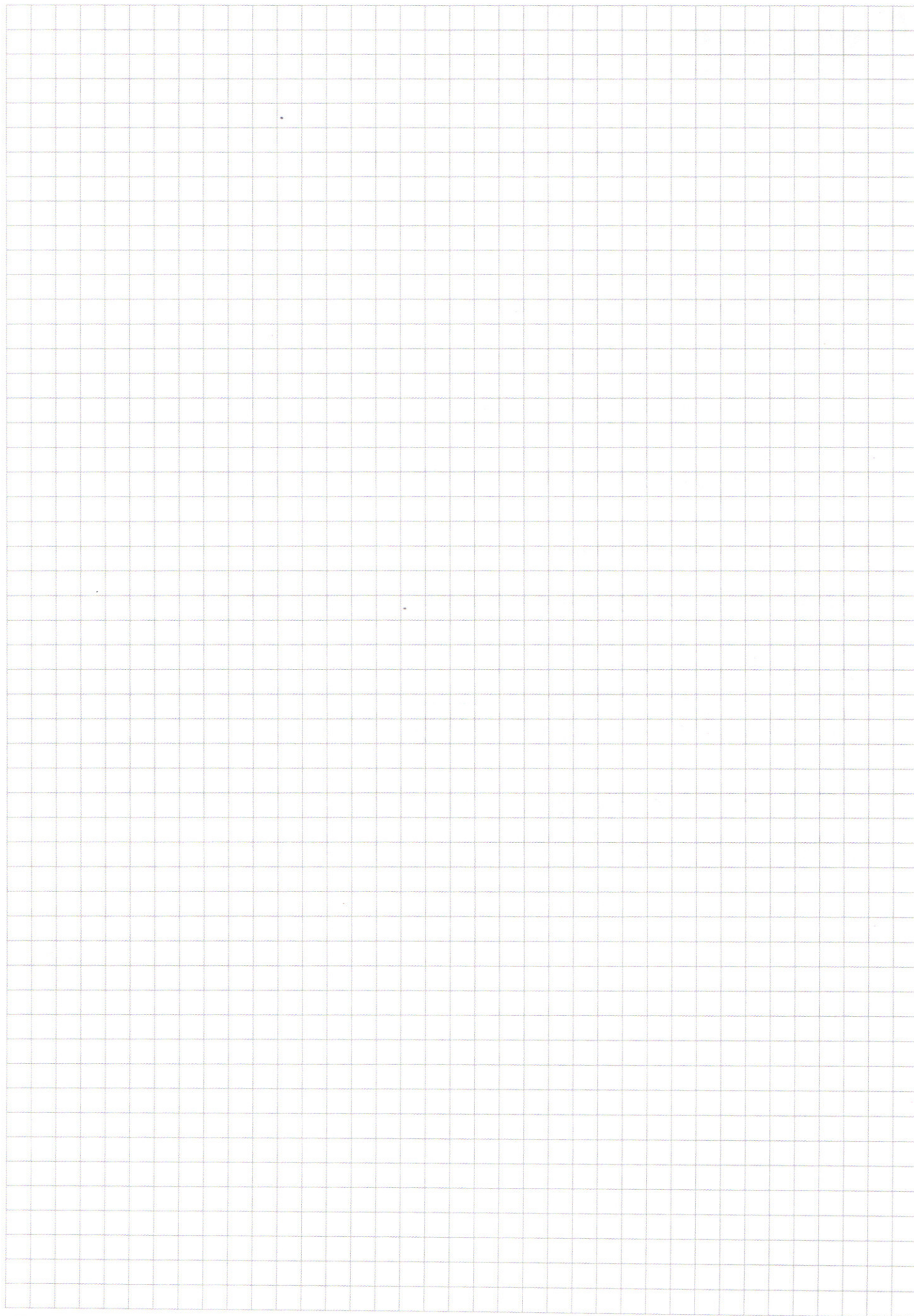
Ответ: 1) $v_{y1} = 23 \text{ м/с}$ 2) $t = 1,8 \text{ с}$ 3) $h = 25,2 \text{ м}$

1) По Δ Пифагора:

$$v_{y1} = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_0^2 - \frac{v_0^2}{4})} = \sqrt{325 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 18 \text{ м/с}$$

$$3) h = v_0 t_{\frac{1}{2}} + g \frac{t^2}{2} = 25,2 \text{ м} \text{ (уравнение движения)}$$

Ответ: 1) $v_{y1} = 18 \text{ м/с}$ 2) $t = 1,8 \text{ с}$ 3) $h = 25,2 \text{ м}$

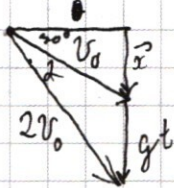


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

√1.



$$gt^2 = 5v_0^2 - 4\cos^2 - v_0^2 = v_0^2(5 - 4\cos^2)$$

$$v_0^2 - x^2 = 4v_0^2 - (gt^2 + x)^2 = 4v_0^2 - gt^2 - 2gtx - x^2$$

$$x = \frac{5v_0^2 - gt^2}{2gt} = \frac{v_0^2}{2}$$

$$x = v_0 \sin 30^\circ = \frac{v_0}{2}$$

$$v_0 = \frac{5v_0^2 - gt^2}{2gt}$$

$$5v_0^2 - v_0 gt - gt^2 = 0$$

$$gt^2 + v_0 gt - 5v_0^2 = 0$$

$$100t^2 + 100t - 500 = 0$$

$$D = 10000 + 200000 = 210000 \Rightarrow 100\sqrt{21} = 150$$

$$t = \frac{-100 \pm 150}{200} = 0,25 \text{ c} \quad \checkmark$$

$$v_y = gt + x = \frac{v_0}{2} + gt = 5 \text{ м/с} + 2,5 \text{ м/с} = 7,5 \text{ м/с} \quad \checkmark$$

$$h = xt + \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0 t}{2} + \frac{gt^2}{2} = 1,25 + \frac{10 \cdot 0,25^2}{2} = 1,5625 \text{ м} \quad \checkmark$$

√2.

$$3mg\mu = 2T$$

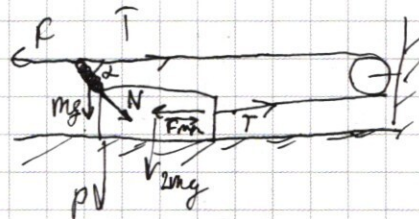
$$T = \frac{3mg\mu}{2} \quad \checkmark$$

$$P = 3mg \quad \checkmark$$

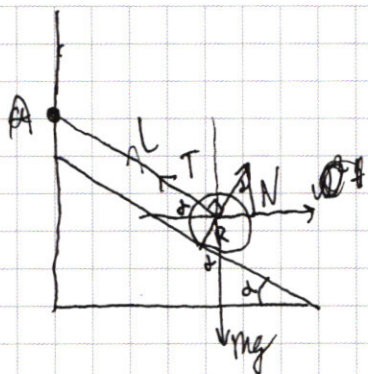
$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{2F - 3mg\mu}{3m}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \text{ м}}{2F - 3mg\mu}} \quad \checkmark$$



$$5 \cdot 0,225 + 5 \cdot 0,225^2 = 5(0,225 + 0,225^2)$$



№3.

R - реакция

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

$$T = N \operatorname{tg} \alpha$$

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

$$mg = T \sin \alpha + N \cos \alpha = T \sin \alpha + T \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$mg = N \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha + N \cos \alpha = N \left(\frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + \cos \alpha \right) = N \frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

$$P = N = mg \cdot \cos \alpha \quad (\checkmark)$$

$$2) \quad v = l \cos \alpha \cdot \omega$$

$$\frac{v^2}{l \cos \alpha} = \frac{l \cos^2 \alpha \omega^2}{l \cos \alpha} = \omega^2 l \cos \alpha$$

Рыда R?

$$m.A.: \quad N L = mg l \cos \alpha - m \omega^2 l \cos \alpha \cdot l \cdot \sin \alpha$$

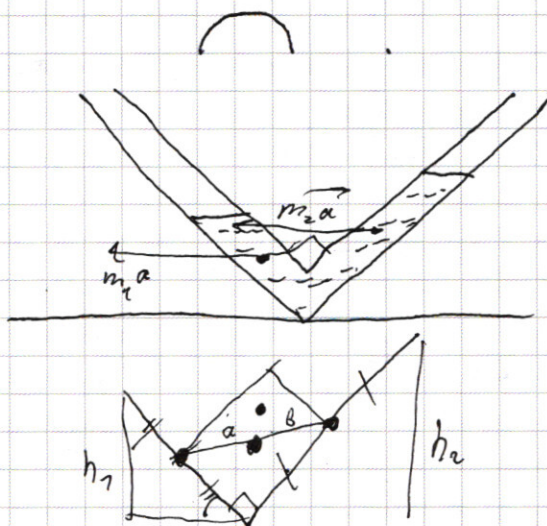
$$N = mg \cos \alpha - m \omega^2 l \cos \alpha \sin \alpha = m \cos \alpha (g - \omega^2 l \sin \alpha) \quad (\checkmark)$$

№4.

$$\left. \begin{aligned} a h_1 \sqrt{2} &= b h_2 \sqrt{2} \\ a + b &= \sqrt{\frac{h_1^2}{2} + \frac{h_2^2}{2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\sqrt{\quad} - b) h_1 = b h_2$$

$$b = \frac{\sqrt{\frac{h_1^2}{2} + \frac{h_2^2}{2}} h_1}{h_1 + h_2}$$



$$\sqrt{1,96} < \sqrt{2,1} < \sqrt{2,25}$$

1,4

1,5

$$\begin{array}{r} \times 1,45 \\ 1,45 \\ \hline 7,25 \\ 580 \\ 1,45 \\ \hline 2,1025 \end{array}$$

$$\times 0,225$$

$$0,225$$

$$1,125$$

$$4,50$$

$$4,50$$

$$+ 0,050625$$

$$0,225$$

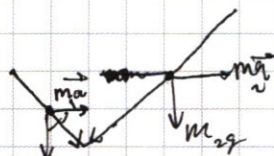
$$\times 0,275825$$

$$5$$

$$1,378125$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{4,2} = 2,07$$



$$\begin{array}{r} 1,32 \\ 112 \\ \hline 200 \\ 96 \end{array} \quad \begin{array}{r} 28 \\ 10,47 \\ \hline \end{array}$$

$$m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha = m_2 g \cos \beta - m_2 a \cos \beta$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{g - a}{g + a} = \frac{6}{14} = \frac{3}{7}$$

$$\frac{0,132}{2,8} = \frac{1,32}{28}$$

$$h_1$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ 22 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 4,84 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ 6 \\ \hline 10 \\ 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 2,333 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,000 \overline{) 7} \\ 28 \\ \hline 20 \\ 14 \\ \hline 60 \\ 56 \\ \hline 40 \\ 35 \\ \hline 50 \end{array}$$

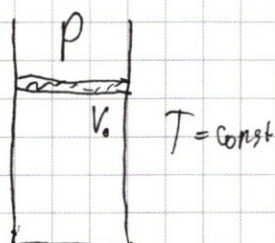
$$\begin{array}{r} 44 \\ 44 \\ \hline 4,84 \end{array}$$

$$\frac{33,3}{2} = 1$$

$$\begin{array}{r} 33,33 \\ 2 \\ \hline 13 \\ 12 \\ \hline 13 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ 16,66 \end{array}$$

$$16,6 - 10$$

$$\frac{0,13,2}{40/12 \cdot \sqrt{2}}$$



ус.

$$pV = \text{const}$$

$$pV_0 = \nu R T$$

$$p' = 5,6 p$$

$$V' = \frac{V_0}{5,6}$$

$$8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$pV = \frac{m}{M} R T$$

$$pM = \rho R T$$

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

$$V_0 - V_0/5,6 = V_{\text{сжигается}}$$

$$V_0 \rho_{\text{нагр}} \left(1 - \frac{1}{5,6}\right) = V_0 \rho_0$$

$$V_0 = \frac{p_{\text{нагр}}}{p_0} V_0 \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)$$

$$V_n = V_0/5,6$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{1}{5,6 \frac{p_{\text{нагр}}}{p_0} \left(1 - \frac{1}{5,6}\right)}$$

$$\begin{array}{r} 3550 \cdot 8,3 \\ \hline 8,3 \cdot 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3550 \\ \hline 210000 \\ 166 \\ \hline 40 \\ 415 \\ \hline 250 \\ 249 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 253,1 \\ \hline 2531 \\ 20248 \\ \hline 210023 \end{array}$$

$$25000,02531$$

$$\frac{\text{Па} \cdot \text{см}^3}{\text{гн}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{см}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{см}^3}{\text{м}^3} =$$

$$= (10^{-2})^3 = 10^{-6}$$

$$\begin{array}{r} 1166 \\ - 116 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,53 \\ \hline 1518 \\ 1012 \\ \hline 11638 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10000 \mid 116 \\ 928 \mid 186,2 \\ \hline 720 \\ 696 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$100t^2 + 100t - 500 = 0$$

$$D = 10^4 + 4 \cdot 5 \cdot 10^4 = 21 \cdot 10^4 = 145^2$$

$$\frac{-100 \pm 145}{200} = 0,225$$

$$\sqrt{21}$$

$$\sqrt[4]{16}$$

$$\sqrt[5]{25}$$

$$\begin{array}{r} \times 4,5 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 4,6 \\ \hline 226 \\ 184 \\ \hline 2116 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,8 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline \times 324 \\ \hline 15 \\ 18,20 \\ 9 + 18,2 = 27,2 \end{array}$$

$$\sqrt{400 - (100 - 25)} = \sqrt{325}$$

$$325$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

