

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

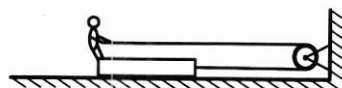
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

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.

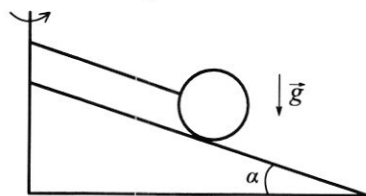
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

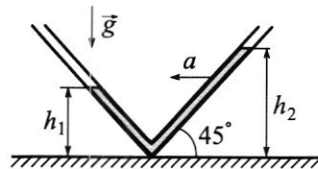
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

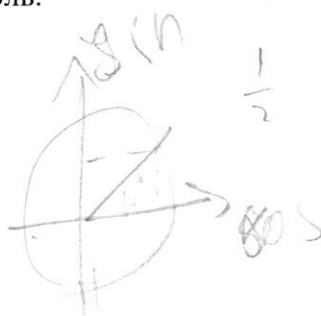
- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

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.





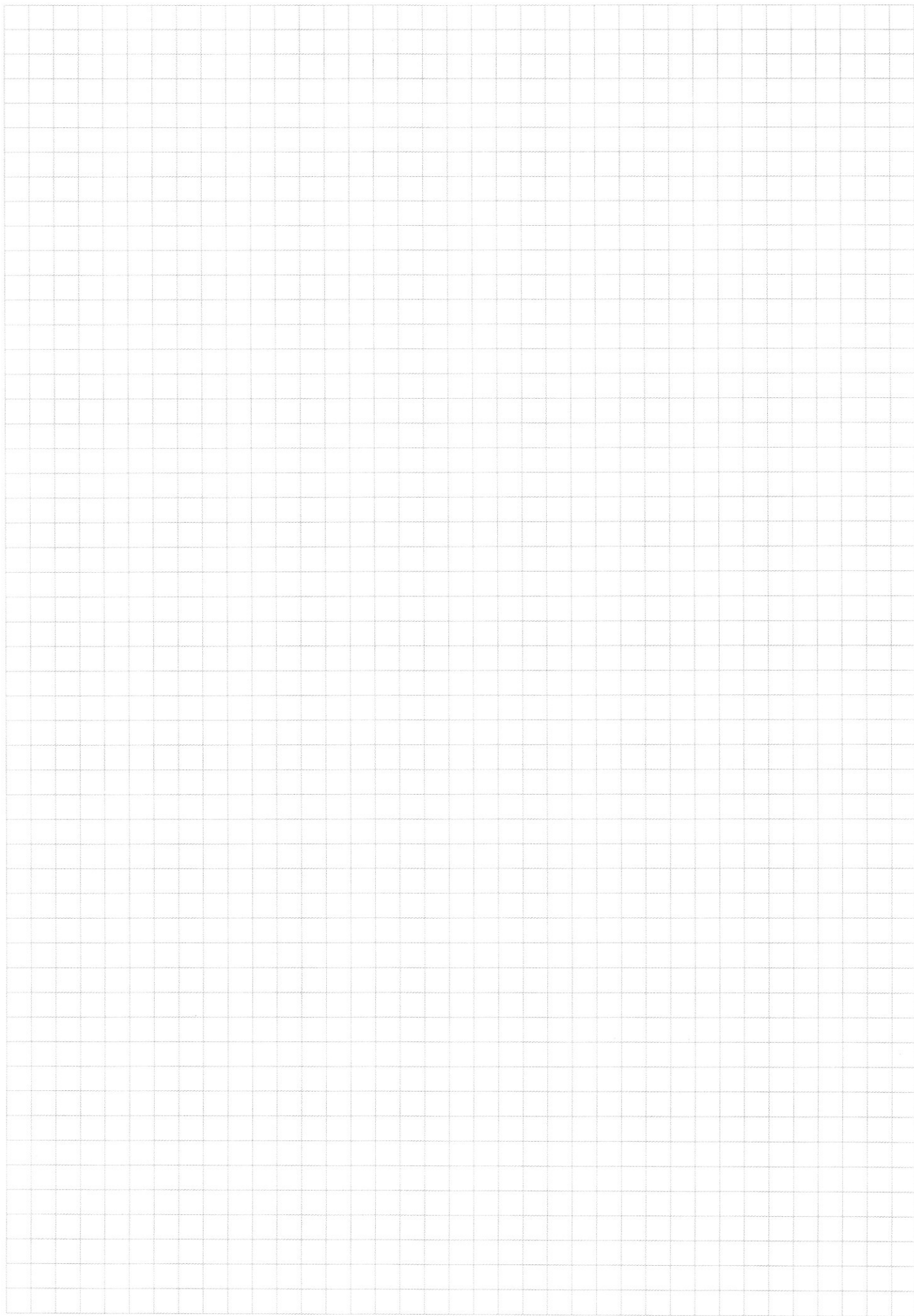
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

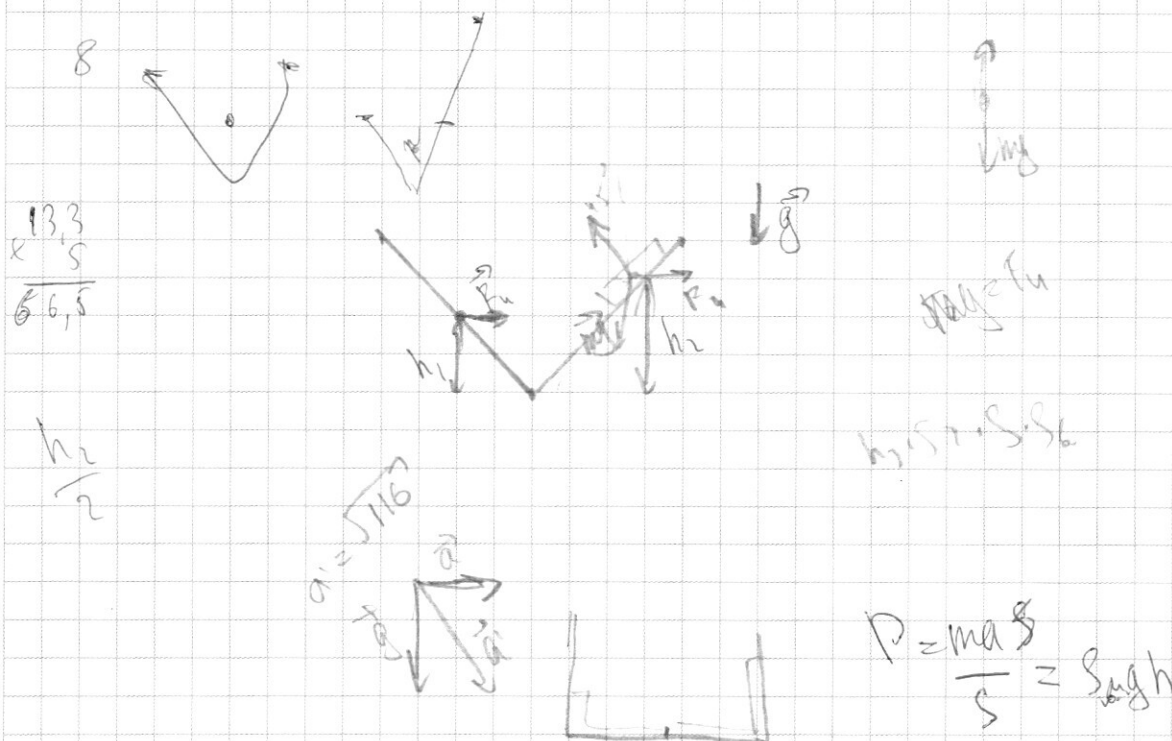
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$5,6 - 1 = 4,6 \cdot 26$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ \times 4,6 \\ \hline 156 \\ + 1040 \\ \hline 119,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10000000 \\ - 9568 \\ \hline 4320 \\ - 3588 \\ \hline 7320 \\ - 1176 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 119,6 \\ \hline 8361 \end{array}$$



$$P_u =$$

$$S \rho g h_2 - S \rho g h_1 = P \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{P + S \rho g h_1}{S \rho g}$$

$$(h_2 - h_1) \cdot S \cdot \rho g a$$

$$m =$$

$$h_2 = \frac{P}{S \rho g} + h_1$$

$$h_2 = \frac{14}{6} = \frac{7}{3} = 2,33 h_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$PV = \frac{\mu}{M} RT \Leftrightarrow \rho = \frac{PM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 1} = \frac{3,55 \cdot 6}{8,31}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{P_0 \cdot 2}{P_0 \cdot 2} = \frac{P_0}{P_0 \cdot 2}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 6 \\ \hline 21,30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \cdot 6 \\ \hline 21,30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21,30 \\ - 1662 \\ \hline 4680 \\ - 4155 \\ \hline 5250 \end{array}$$

$$0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$0,026 \cdot 10^{-3} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$V_n = V_0 - V_g \Leftrightarrow \frac{m_n'}{g_n} = V_0' - \frac{(m_{n0} - m_n')}{g_g} \quad m_n' = V_n' \cdot g_n$$

$$V_n' = V_0'$$

$$\frac{V_n}{V_g} = ?$$

$$\frac{V_0}{V_g} - 1 = 5,6$$

$$\frac{5,6 V}{V_g \cdot 5,6}$$

$$V = \frac{m_{n0}}{g_n}$$

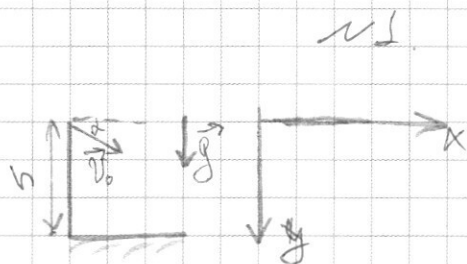
$$m_{n0} = 5,6 \cdot m_n'$$

$$m_g = m_{n0} - m_n'$$

$$V_g = \frac{m_g}{g_g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$



$V_k = 2V_0$

1) м.р. по ул. гайка всё время приближ. к гор. пов.

$V_{ky} - ?$

Земли $\Rightarrow V_y$ (проекц. ск-ти гайки на ось oy) всегда была

$t_n - ?$

полож. $\Rightarrow$ гайку сбросили именно так, как показано

$h - ?$

на рисунке (именно тогда, когда отклонил угол α)

$$2) \vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (\vec{r}_0 = \vec{0}) = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{V}_0 + \vec{g} t$$

$$Ox: V_x(t) = V_0 \cos \alpha + 0 \text{ - не заб. om } t \quad (*)$$

$$Oy: V_y(t) = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$V_k = \sqrt{V_{kx}^2 + V_{ky}^2} \quad (V_{kx}, V_{ky} - \text{проекц. } V_k \text{ на ось } ox \text{ и } oy) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_k^2 - V_{kx}^2 = V_{ky}^2 \Leftrightarrow V_{ky} = \sqrt{V_k^2 - V_{kx}^2} \quad (*) \quad \stackrel{V_0 \gg}{=} \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + 4V_0^2} = V_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} =$$

$$= \frac{\sqrt{13}}{2} V_0 = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$3) \vec{v}(t) = \vec{V}_0 + \vec{g} t \Leftrightarrow Oy: V_y(t) = V_0 \sin \alpha + g t \Leftrightarrow V_{ky} = V_0 \sin \alpha + g t_n \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow t_n = \frac{V_{ky} - V_0 \sin \alpha}{g} \quad (t_n = \frac{\text{м/с}}{\text{м/с}^2} = \text{с}) = \frac{5\sqrt{13} - 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} \text{ с} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

$$4) \vec{r}(t) = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \Leftrightarrow Oy: h = V_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} \text{ м/с} + \frac{10 \cdot (\frac{\sqrt{13} - 1}{2})^2 \text{ м}}{2}$$

$$= (5 + 5 t_n) t_n \text{ м} = 5 \frac{\sqrt{13} + 1}{2} \cdot \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ м} = 5 \cdot \frac{13 - 1}{4} \text{ м} = 15 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } V_{ky} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}; t_n = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}; h = 15 \text{ м}$$

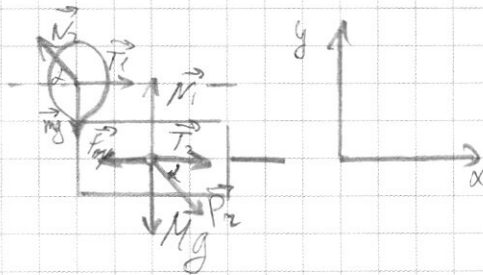
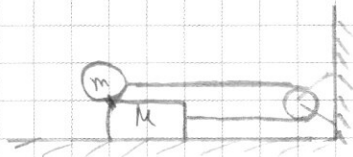
2

Дано:

$S, m,$

$M=2m,$

μ, g, F



$P_{2+4}?$

$F_{\text{тр}}$ - сила с к-ом. шнур и человек давят на пол при движении. Шнур

1) м.к. шнур не в. и не растягив. $|\vec{T}| = |\vec{F}|$ - сила с шнур, человек

$F_0?$

массой кают, а также из этого ш. что $\vec{T}_1 = \vec{T}_2$ (м.к. для кают)

$t?$

2) по II 3.к. для человека $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}_2$

$$\Rightarrow OX: 0 = T_1 - N_2 \cdot \cos 2$$

$$Oy: 0 = -mg + N_2 \sin 2 \quad (\text{м.к. } \rightarrow \text{ шнур, при к-ом человек и шнур давят на пол в одном направлении})$$

$$\Rightarrow N_2 \sin 2 = mg$$

$$\text{по III 3.к. } \vec{N}_2 = -\vec{P}_2 \Rightarrow P_2 \cdot \sin 2 = mg$$

3) по II 3.к. для шнур

$$M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T}_2 + \vec{P}_2 \Rightarrow Oy: N_1 = Mg + P_2 \cdot \sin 2 \quad (\text{шнур, шнур, шнур})$$

$$\Rightarrow N_1 = Mg + mg = 3mg$$

$$\text{по III 3.к. } \vec{P}_{2+4} = -\vec{N}_1 \Rightarrow P_{2+4} = 3mg \quad [P_{2+4}] = \text{к.м/с}^2 = \text{Н}$$

4) крайнее полож. $\Rightarrow$ человек давит на шнур давит на шнур давит на шнур, и

и шнур давит только на созд. движение, и не хват. на созд. ускор.

по II 3.к. для шнур

$$\vec{0} = M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T}_2 + \vec{P}_2$$

$$OX: F_{\text{тр}} = T_2 + P_2 \cdot \cos 2 \Leftrightarrow MN_1 = F_0 + F_0 \Rightarrow 2F_0 = 3\mu mg \Rightarrow F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$$

$$[F_0] = \text{к.м/с}^2 = \text{Н}$$

5) $F > F_0 \Rightarrow$ шнур давит с ускор.

$$\text{по II 3.к. для шнур } M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T}_2 + \vec{P}_2 \Rightarrow OX: Ma = -F_{\text{тр}} + F + P_2 \cdot \cos 2$$

$$P_2 \cdot \cos 2 = F - ma \quad (\text{по II 3.к. для человека})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow a = \frac{2F - F_{\text{упр.}}}{m + M} = \frac{2F - \mu_3 mg}{3mg} \text{ м/с}^2$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad \vec{v}_0 = \vec{0} \quad \vec{a} = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad x(t) = \frac{at^2}{2} \quad x(t') = S \quad \Rightarrow \quad S = \frac{at'^2}{2} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t' = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \text{ м}}{2F - \mu_3 mg}} \text{ с} \quad [t'] = \sqrt{\frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{Н} - \text{Н}}} = \text{с}$$

Ответ: $F_{\text{дву}} = 3mg$

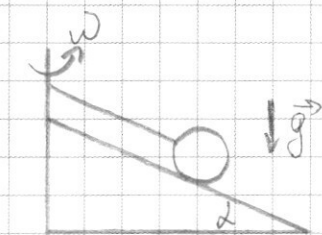
$F_{\text{дву}} = \sqrt{F_{\text{дву}}^2 + F_{\text{упр.}}^2}$ (м.к. струна действует на шар весом, а также в.у.).

для (1) сказано, что струна горизонт. $= \sqrt{(3mg)^2 + \mu^2 N_1^2} = 3mg \sqrt{1 + \mu^2}$

Ответ: $F_{\text{дву}} = 3mg \sqrt{1 + \mu^2}$; $F_2 = \frac{3\mu mg}{2}$; $t' = \sqrt{\frac{6sm}{2F - 3\mu mg}}$

Дано:
 $\mu = 0$
 $m, R, d,$
 $L, g, \omega = 0$
 $\omega_2 = \omega$

P_1 - ?
 P_2 - ?



P_1 - сила давл. шара на клин, если $\omega = 0$

P_2 - сила давл. шара на клин, если $\omega = \omega_2$ и шар не скатывается от пов-ти

1) по II З.К. для шара

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{m}\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{N}_1 \quad \vec{a} = 0 \quad \Rightarrow \quad 0 = N_1 - mg \cos \alpha \quad \Rightarrow \quad N_1 = mg \cos \alpha$$

$$\text{по III З.К. } \vec{N}_1 = -\vec{P}_1 \quad \Rightarrow \quad P_1 = mg \cos \alpha$$

$$[P_1] = \text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м/с}^2 = \text{Н}$$

2) по II З.К. для шара

$$\vec{m}\vec{a}_s = \vec{m}\vec{g} + \vec{T}_2 + \vec{N}_2 \quad \vec{a}_s = \frac{\omega^2 R}{L \cos \alpha} \quad \Rightarrow \quad \text{or } m \omega^2 R = mg \sin \alpha - m \omega^2 L \cos \alpha \cdot \cos \alpha = mg \sin \alpha - T_2$$

$$R = L \cos \alpha \quad \text{откуда: } m \omega^2 L \cos \alpha \cdot \sin \alpha = N_2 - mg \cos \alpha \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_2 = m \cos \alpha (\omega^2 L \sin \alpha + g) \quad [N_2] = \text{по III З.К. } \vec{N}_2 = -\vec{P}_2 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_2 = m \cos \alpha (\omega^2 L \sin \alpha + g) \quad [P_2] = \text{кг} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} + \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = \text{Н}$$

Ответ: $P_1 = mg \cos \alpha$; $P_2 = m \cos \alpha (\omega^2 L \sin \alpha + g)$

~ 5

Дано:

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

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho = 12 / \text{см}^3$$

$$\mu = 182 / \text{моль}$$

$$\frac{S_{\text{нар.}}}{S_0} - ?$$

$$\frac{V_{\text{н}}'}{V_0} - ?, \text{ см}$$

$$\gamma = 5,6$$

1) м.к. изм. в сосуде только кин. пар $P = P_{\text{к.п.}}$

по ур-ию Менделеева-Клапейрона (для кин. пара)

$$P_{\text{к.п.}} = \nu R T \Leftrightarrow P_{\text{к.п.}} = \frac{m}{\mu_{\text{к.п.}}} R T \Leftrightarrow P_{\text{к.п.}} = \frac{S_{\text{н.}}}{\mu_{\text{к.п.}}} \cdot R T \Leftrightarrow S_{\text{н.}} = \frac{P_{\text{к.п.}} \cdot \mu_{\text{к.п.}}}{R T}$$

$$[S_{\text{н.}}] = \frac{\text{Па} \cdot \text{кг}}{\frac{\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^3 \cdot \text{кг}} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Па} \cdot \text{кг}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$S_{\text{нар.}} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{3,55 \cdot 6}{831} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$S_0 = 12 / \text{см}^3$$

$$\frac{S_{\text{нар.}}}{S_0} = 26 \cdot 10^{-6}$$

2) $V_{\text{н.}} = V_0 - V_0$ (указ. $V_{\text{н.}} = V_0$)

$$V_{\text{н.}}' = \frac{V_0}{\gamma}$$

$$\frac{V_{\text{н.}}'}{V_0} = \frac{V_0}{\gamma V_0} \Leftrightarrow$$

$$m_{\text{н.}} = V_{\text{н.}} \cdot S_{\text{н.}} (S_{\text{н.}} - \text{const}) \Rightarrow m_{\text{н.}}' = \frac{V_0 \cdot S_{\text{н.}}}{\gamma} = \frac{m_{\text{к.п.}}}{\gamma}$$

$$m_0' = m_{\text{к.п.}} - m_{\text{н.}}' = (1 - \frac{1}{\gamma}) m_{\text{к.п.}}$$

$$\gamma V_0' = \frac{m_0'}{S_0}$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_0 \cdot S_0}{\gamma (1 - \frac{1}{\gamma}) m_{\text{к.п.}} \cdot S_0} = \frac{1}{\gamma (1 - \frac{1}{\gamma}) \cdot \frac{S_{\text{нар.}}}{S_0}} \approx 8361$$

Ответ: $\frac{S_{\text{нар.}}}{S_0} = 26 \cdot 10^{-6}$; $\frac{V_{\text{н.}}'}{V_0} = 8361$

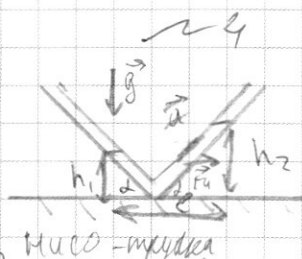
Дано:

$$\alpha = 45^\circ, g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2, h_1 = 10 \text{ см}$$

$$h_2 - ?$$

$$V - ?$$



1) Вектор давл. перп-но, соог. высоте ур-ия h , кол-во давл. соог. F_n ($\vec{F}_n = m \vec{a}$)

$$S g (h_2 - h_1) = P_n = \frac{e \cdot S \cdot a \cdot \beta}{S} \stackrel{m.k.d = 45^\circ}{=} (h_1 + h_2) S a \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow h_2 \neq h_1 (1 - \frac{a}{g}) = h_1 \cdot \frac{g}{g-a} + h_1 (1 - \frac{a}{g}) \Leftrightarrow h_2 = h_1 \cdot \frac{g+a}{g-a} \quad [h_2] = \text{см} \cdot \frac{\text{м/с}^2}{\text{м/с}^2} = \text{см}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h_2 = \frac{10+4}{10-4} \cdot 10 = \frac{7}{3} \cdot 10 \approx 23,3 \text{ cm}$$

2) по З.СЭ для масса

$$E_1 = E_2 \Leftrightarrow mgh_3 = mgh_4 + \frac{mv^2}{2} \quad (\text{где } h_3 - \text{высота, с которой } h_1 \text{ и } h_2, \text{ а } h_4 - \text{высота, с которой } h_3 \text{ становится на один уровень с } h_1 \text{ и } h_2) \quad (\Leftrightarrow)$$

$$\Leftrightarrow V^2 = 2g(h_3 - h_4) \Leftrightarrow V = \sqrt{2g(h_3 - h_4)}$$

$$h_3 = \frac{h_1 + \frac{(n-1)h_2}{n}}{2} \quad (m.k. \text{ go } h_1 \text{ зар. Ода мадада} \Rightarrow \text{наша қыз-мн, на қандай ш})$$

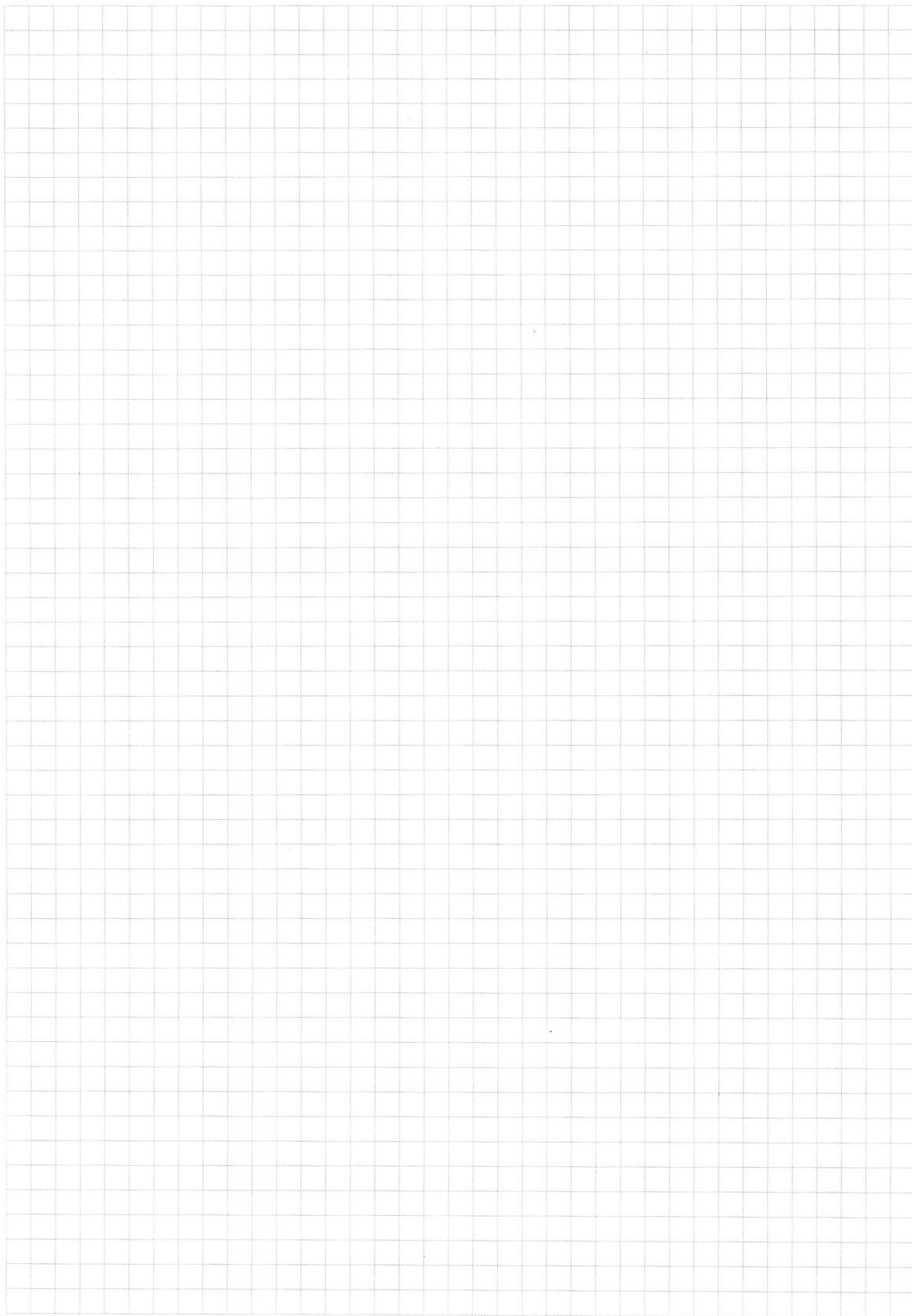
гипотеза Римана h , $\hat{h}$ 2 раз дублируется, затем от h , (не берется) до h_2 (берется!)

$$h_u = \frac{h_1 + h_2}{4\pi} \quad (\text{Согласованные и отраженные волны равны})$$

$$V = \sqrt{2g(h_3 - h_4)} = \sqrt{2g\left(\frac{h_2}{2} + \frac{h_2}{4} - \frac{h_1}{4} - \frac{h_2}{2} - \frac{h_1 + h_2}{4}\right)} = \sqrt{2g\left(\frac{h_2 - h_1}{2}\right)} =$$

$$= \sqrt{5(23,3 - 10)} \text{ m/c} = \sqrt{66,5} \text{ m/c} \approx 8 \text{ m/c}$$

Imagem: $h_2 = 23,3 \text{ cm}$; $V = 8 \text{ m/c}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики) ·