

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-02

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?

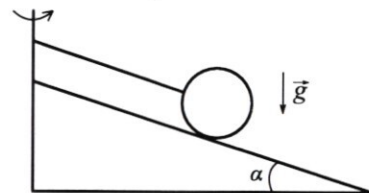
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

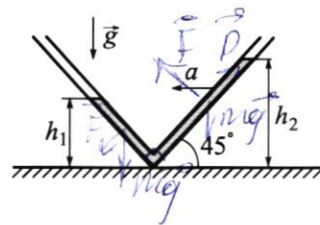


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

III ЗН: $|\vec{P}| = |\vec{N}|$

II ЗН: $\vec{T} + \vec{N} + \vec{P} + m\vec{g} = m\vec{a}$

Ox: $-T + mg \sin \alpha = ma_x$

Oy: $N - mg \cos \alpha = ma_y$

при $\alpha = 0$

$T = mg \sin \alpha$

$P = N = mg \cos \alpha$

при $\alpha \neq 0$

$P = m(a_y + g \cos \alpha) = N$

поскольку траектория колеса происходит в горизонтальной плоскости, то вектор ускорения $\vec{a}$ также направлен горизонтально, значит

$P = m(-a \sin \alpha + g \cos \alpha)$

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

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

$P = m \left(\frac{mg \sin \alpha - T}{m \cos \alpha} + g \cos \alpha \right) = \text{это и нужно}$

$a = \omega^2 r$

$r = L \cos \alpha$, то

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

Очевидно: при $\omega = 0$ $P = mg \cos \alpha$, при $\omega \neq 0$

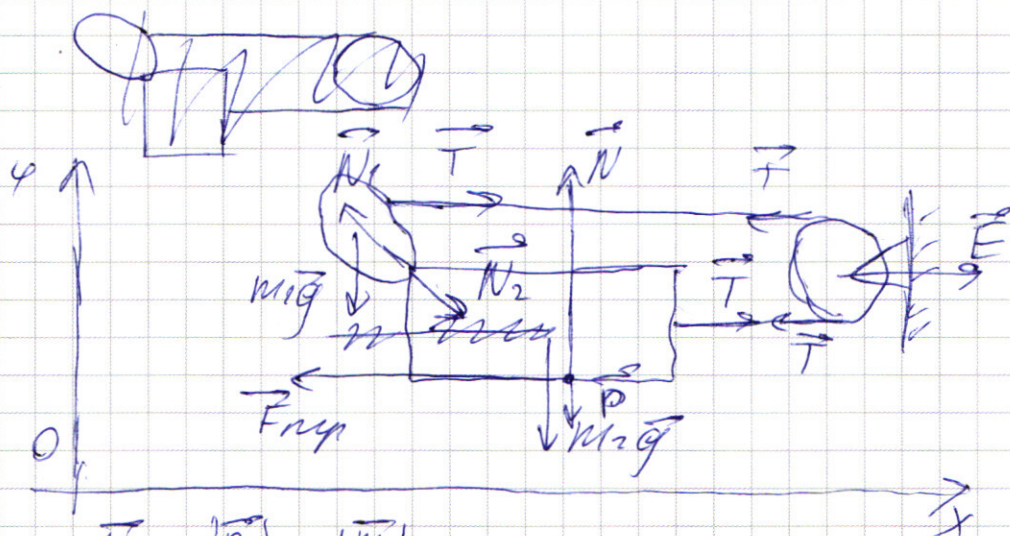
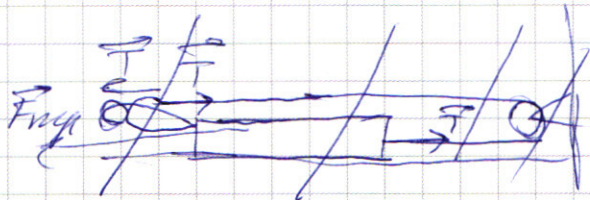
$P = m \cos \alpha (g - \omega^2 L \sin \alpha)$.

22

Дано: $s, m, m_2 = 2m$

Найти: $\rho = ?$ $F_0 = ?$, $\varphi = ?$ при $F > F_0$.

Решение:



1) по IЗМ: $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$, $|\vec{\rho}| = |\vec{N}|$

по IIЗМ: $\vec{N}_1 + \vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$

$$\vec{N}_1 = m\vec{a} - m\vec{g} - \vec{T}$$

Векторы $\vec{a}$ и $\vec{T}$ лежат в горизонтальной плоскости, $m\vec{g} = m\vec{g}$.

$-\vec{N}_2 = \vec{N}_1 = \vec{N}_{xy} + \vec{N}_x$, значит $(-\vec{N}_2)_y = \vec{N}_{xy} = -m\vec{g}$, т.к. вектор

можно разложить на 2 вектора только те выра-
жения через 2 данных вектора только тем способом,

тогда

IIЗМ. ОУ: $N - m\vec{g} + (-m\vec{g}) - (-m\vec{g}) = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P = N = m_2 g + m_1 g = 3mg$$

2) найдем F_0 . Минимальной силой является та, при которой человек сможет двинуть ящик, не создавая ускорения.

по закону Кулона-Ампера $F_{\text{тр}} = \mu N$

$$\text{ИЗН. ОХ: } T - F_{\text{тр}} + N_2 x = 0$$

$$T + N_1 x = 0$$

$$-N_1 x = N_2 x, \text{ т.к. } \vec{N}_2 = -\vec{N}_1, \text{ то}$$

$$N_2 x = T$$

$$T - \mu N + T = 0$$

$$\text{изн. } N = 3mg = (m_2 + m_1)g$$

$$2T = (m_2 + m_1)g\mu$$

$$F_0 = T = \frac{3}{2} \mu g m$$

3) при $F > F_0$ создается некоторое ускорение. Чтобы получить конкретное время надо предположить, что при $t = 0$ тело покоилось, тогда.

$$\text{ИЗН. ОХ: } T - F_{\text{тр}} + N_2 x = m_2 a$$

$$T + N_1 x = m_2 a$$

$$N_2 x = -N_1 x = T - m_2 a$$

$$T - \mu(m_2 + m_1)g + T - m_2 a = m_2 a$$

$$2T - \mu(m_2 + m_1)g = (m_2 + m_1)a$$

$$a = \frac{2T}{m_1 + m_2} + \mu g = \frac{2T}{3m} + \mu g$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{\frac{2T}{3m} + \mu g}} = \sqrt{\frac{65m}{2T + 3mg\mu}}$$

Омлем: $P = 3 \text{ мкГ}$, $F_0 = \frac{3}{2} \mu \text{мкГ}$, $t = \sqrt{\frac{65m}{2T + 3mg\mu}}$
 $\sqrt{5}$

Дано: $p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$, $T = 300 \text{ К}$, $\frac{V_1}{V_2} = 5,6$, $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,
 $\mu = 18 \frac{\text{моль}}{\text{моль}} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

Найти: $\frac{p_n}{p_b} = ?$, $\frac{V_k}{V_b} = ?$

Решение:

1) 3.л-к: $pV = \nu RT$

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

$$p_n = \frac{\mu p}{RT} = \frac{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 300} = \frac{18 \cdot 355}{831 \cdot 3} = \frac{6390}{2493}$$

$$= \frac{3 \cdot 71}{277 \cdot 10} = \frac{71}{277 \cdot 10} = 0,0256 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{p_n}{p_b} = \frac{0,0256}{1000} = 2,56 \cdot 10^{-5}$$

$$\begin{array}{r} 71 \overline{) 277} \\ \underline{0} 256 \\ 710 \\ \underline{557} \\ 1560 \\ \underline{1385} \\ 1750 \\ \underline{1662} \\ 1880 \end{array}$$

2) $\star$ поскольку пар насыщенный, то при сжатии давление увеличиться не будет, а будет увеличиться количество воды, находящейся в газобразном состоянии, то $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{m_2}{m_1}$

количество воды равно количеству скопеленного пара, то $V_b = \lambda \rho_b V = \lambda \mu (v_1 - v_2) / \rho$

$$v_2 = v_1 \frac{V_2}{V_1}, \text{ то } V_b = \lambda \mu v_1 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) = \frac{\lambda \mu v_1 (V_1 - V_2)}{V_1 \rho}$$

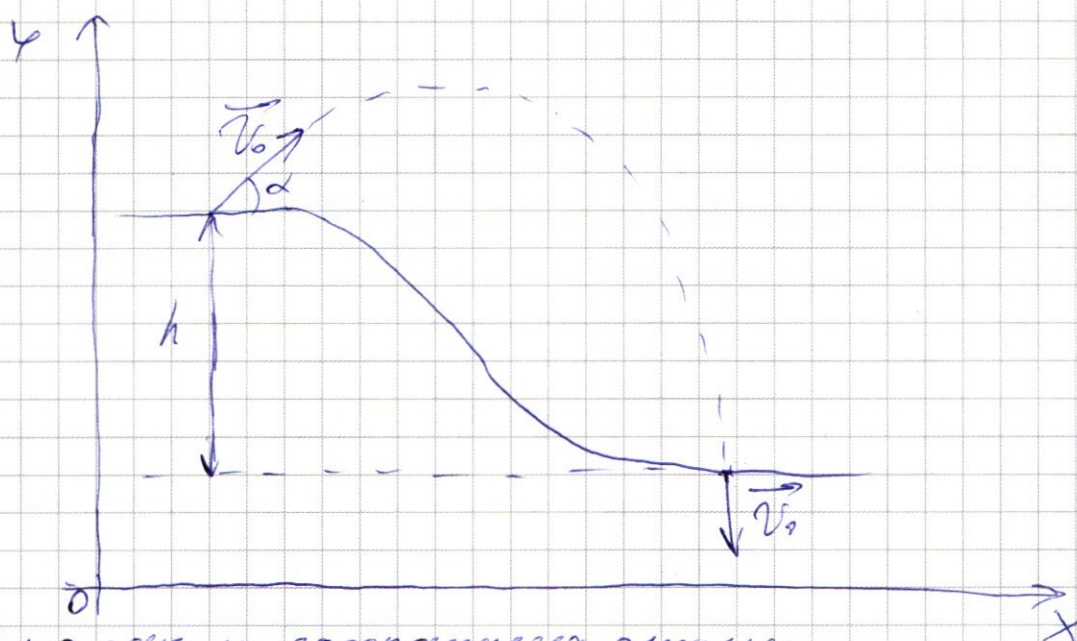
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано: $\alpha = 30^\circ$, v_0 , $v_1 = 2v_0$, $v_0 = 10 \frac{m}{c}$

Найти: $v_{y1} = ?$, $t = ?$, $h = ?$

Решение:



1) по закону сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{2} + gh = \frac{4v_0^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gh = 4v_0^2$$

$$2gh = 3v_0^2 \quad v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{3}} \quad \# \text{ 2-й}$$

$$h = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

2) $v_x = v_0 \cos \alpha$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 - g t$$

где t - время от начала полета.

$$v_x^2 + v_y^2 = v^2, \text{ но}$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + \frac{g^2 t^4}{4} - g t^2 v_0 \sin \alpha = 4 v_0^2$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t = v_1^2$$

$$v_0^2 + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t = 4 v_0^2$$

$$g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t - 3 v_0^2 = 0$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha g \pm \sqrt{4 v_0^2 \sin^2 \alpha g^2 + 12 v_0^2 g^2}}{2 g^2} =$$

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

$$= \frac{v_0 (\sin \alpha \pm \sqrt{\sin^2 \alpha + 3})}{g} = \frac{12 (\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + 3})}{12} =$$

$$= \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{13}}{2}, \text{ но } t > 0, \text{ но } t = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{13}}{2}$$

$$3) \text{ у н. 2. } v_y = \pm \sqrt{v^2 - v_x^2}$$

$$v_{y1} = \pm \sqrt{v_1^2 - v_{x1}^2} = \pm \sqrt{4 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \pm v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} =$$

$$= \pm v_0 \sqrt{3 + \sin^2 \alpha} = \pm 10 \sqrt{3 + \frac{1}{4}} = \pm 10 \frac{\sqrt{13}}{2} = \pm 5 \sqrt{13}$$

но, при $v = |\vec{v}_1|$, гайка летит вверх, т.е. скорость стала больше, чем было вначале, значит

$$\vec{v}_y \parallel \vec{OY}, \text{ но } v_{y1} = -5\sqrt{13}$$

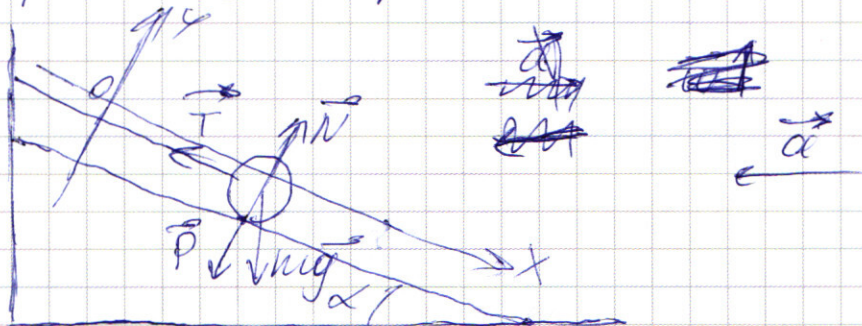
$$\text{Ответ: } v_y = -5\sqrt{13}, t = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{13}}{2}, h = 15 \text{ м.}$$

~3

Дано: $m, R, L, \alpha, \mu = 0$.

Найти: $P_1 = ?$ при $\omega = 0$, $P_2 = ?$ при $\omega \neq 0$.

Решение:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV_1 = \nu_1 RT$$

$$V_1 = \frac{pV_1}{RT}, \text{ а так же } \frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu p V_1}{RT \mu p} (V_1 - V_2) = \frac{\mu p}{RT} (V_1 - V_2)$$

$$V_2 = \frac{\mu p V_1}{RT} = \frac{\mu p}{RT} V_1$$

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

$$\text{а так же } \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu p V_1}{RT (1 - \frac{V_2}{V_1})} = \frac{\mu p}{RT (1 - \frac{V_2}{V_1})}$$

$$V_2 = \frac{\mu p V_1}{RT} = \frac{\mu p}{RT} V_1 = \frac{RT}{p} V_2 = \frac{RT}{p} V_1 \frac{V_2}{V_1}$$

$$V_2 = \frac{\mu p V_1 (V_1 - V_2)}{RT} = \frac{\mu p V_1}{RT} (1 - \frac{V_2}{V_1})$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{RT \mu V_1 / V_1 p}{p (1 - \frac{V_2}{V_1}) \mu} = \frac{RT}{p (1 - \frac{V_2}{V_1})} = \frac{RT}{p (1 - \frac{1}{\gamma})} = \frac{RT}{p (\frac{\gamma - 1}{\gamma})} = \frac{\gamma RT}{p (\gamma - 1)}$$

$$= \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 1000}{3,55 \cdot 10^3 (5,6 - 1) \cdot 0,018} = \frac{831 \cdot 3 \cdot 1000}{355 \cdot 46 \cdot 0,018} = \frac{831 \cdot 3}{355 \cdot 46} \cdot 10^6 =$$

$$= \frac{2770}{3266} \cdot 10^4 = 0,8 \cdot 10^4 = 8 \cdot 10^3 = 8000$$

$$\begin{array}{r} 2770 \\ \times 355 \\ \hline 1385 \\ 13850 \\ 138500 \\ \hline 979250 \end{array}$$

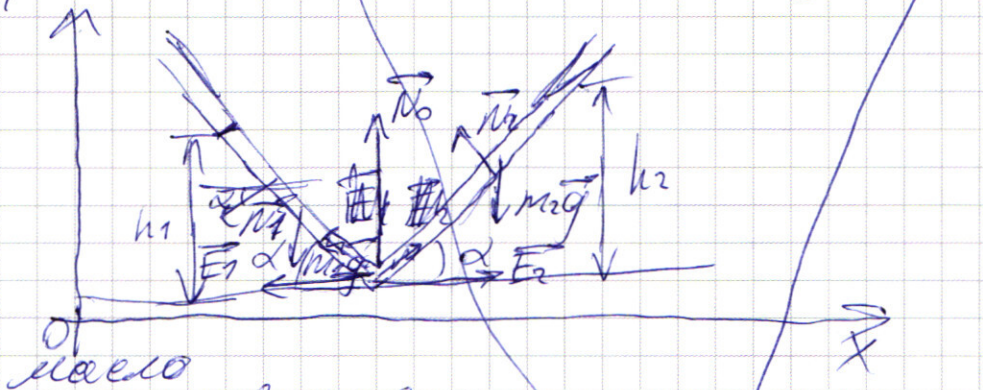
$$\begin{array}{r} 2770 \quad 3266 \\ \hline 0 \quad 08 \\ \hline 27700 \\ - 26928 \\ \hline 772 \text{ (ост.)} \end{array}$$

$$\text{Итого: } \frac{V_2}{V_1} = 8 \cdot 10^3, \quad \frac{p_1}{p_2} = 2,56 \cdot 10^5$$

Дано: $\alpha = 45^\circ$, $h_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$, $a = \frac{4 \text{ м}}{\text{с}^2}$

Найти: $h_2 = ?$, $v = ?$

Решение:



Вода в правой колесе трубки поднимается, а в левой опускается из-за того, что трубка, движаясь равноускоренно, создает силу нормальной реакции опоры, действующую на жидкость, по II ЗН можно записать так:

II ЗН. ОУ: $-mg + N_y = 0$

$-mg + N_y = 0$

ОХ: $N_x = m a_x$

$N_x = m a_x$

$a_y = 0$, т.к. направление ускорения горизонтальное.

Угол между N_1 и N_2 и Ox — 45° , т.к.

$N_{1x} = N \cos 45^\circ = N_{2x} = N \cos 45^\circ$, т.к. $|N_1| = |N_2|$

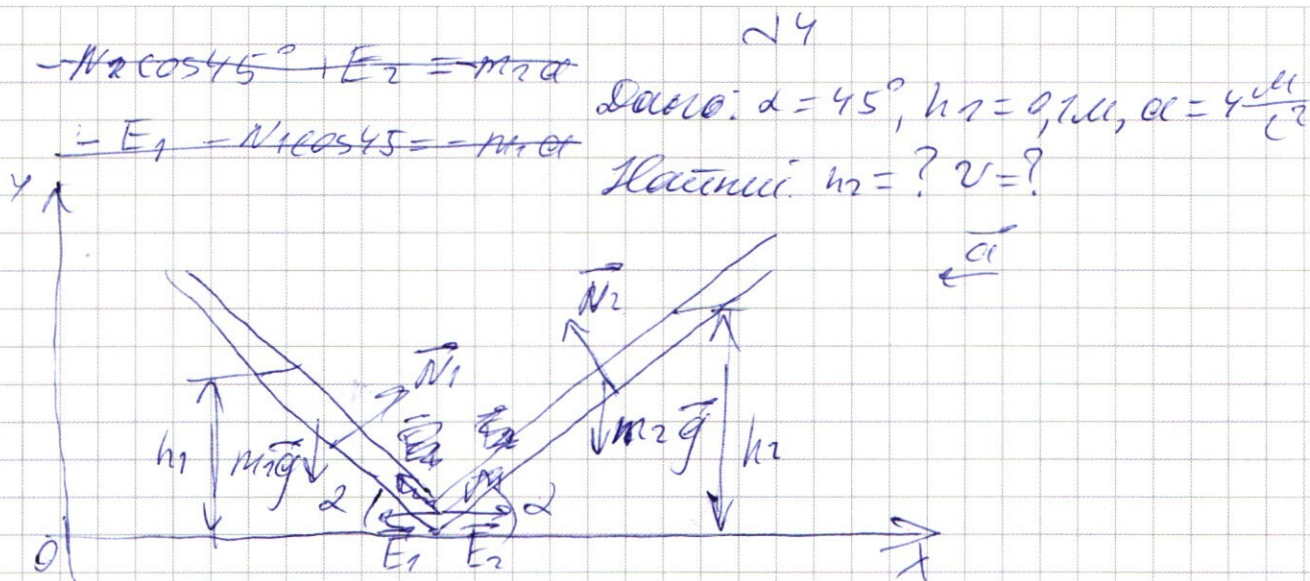
$N_{1y} = -N \cos 45^\circ$ $N_{2y} = N \cos 45^\circ$

E_1 и E_2 — силы, с которыми масса в левой колесе действует на массу в правой колесе и наоборот.

Угол между N_1 и Ox , а также N_2 и Ox

исходя из III его закона Ньютона можно сказать, что $E_1 = E_2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



По 4-му ИЗН: $-m_1 g + N_1 \cos 45^\circ + E_y = 0$ $E_y = 0$

$-m_2 g + N_2 \cos \alpha + E_y = 0$

По 3-му ИЗН: $N_1 \cos \alpha + E_{x1} = -m_1 a$ $E_{x1} = -E_1 = -E$

$-N_2 \cos \alpha + E_{x2} = -m_2 a$ $E_{x2} = E_2 = E$

$\vec{E}$ — сила, с которой действуют массы вправо на массу m_1 и влево на массу m_2 и наоборот.

$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = E$ по 3-му закону Ньютона.

$N_1 \cos \alpha - N_2 \cos \alpha = -a(m_1 + m_2)$

$N_1 = N_2 - \frac{a(m_1 + m_2)}{\cos \alpha}$

$-m_1 g + N_2 \cos \alpha - a(m_1 + m_2) = 0$

$-m_2 g + N_2 \cos \alpha = 0$

$m_2 g - m_1 g = a(m_1 + m_2)$

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

$\frac{\frac{m_2}{m_1} - 1}{1 + \frac{m_2}{m_1}} = \frac{a}{g}$

$\frac{m_2}{m_1} - 1 = \frac{a}{g} + \frac{a}{g} \frac{m_2}{m_1}$

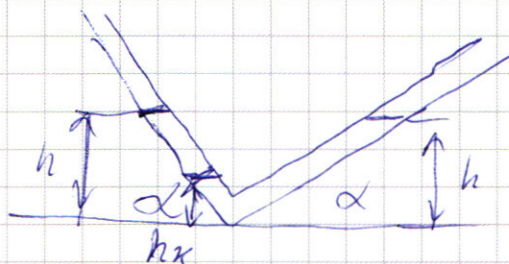
$(1 - \frac{a}{g}) \frac{m_2}{m_1} = 1 + \frac{a}{g}$

$\frac{m_2}{m_1} = \frac{1 + \frac{a}{g}}{1 - \frac{a}{g}} = \frac{g + a}{g - a}$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{k_1}{k_2}, \text{ то } \frac{m_2}{m_1} = \frac{k_2}{k_1} \quad h_2 = k_2 \frac{m_2}{m_1} = k_1 \frac{g + a}{g - a} =$$

$$= 0,1 \cdot \frac{14}{6} = \frac{147}{60} = \frac{7}{30} \text{ м}$$

2)



Давайте возлюбленной системе отсчета, при-
крепленную к трубе. Для нее можно написать
закон сохранения энергии следующего образца:

$$\frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} + (m_1 + m_2)gh_0 = (m_1 + m_2)gh_0$$

h_0 — высота, на которой находится центр масс
железки, h_0 — куда он переместится. $h_0 = h_0$, то $v = 0$.
 v — величина ее скорости, которую надо найти.

Посчитаем на ординате: ~~верхней вышесказанной~~
~~составим уравнение системы отсчета.~~

$$m_2 g \frac{h_2}{2} = \frac{m_2 v^2}{2} + m_2 g h_0$$

$$m_1 g \frac{h_1}{2} = \frac{m_1 v^2}{2} + m_1 g h_0$$

$$m_2 (1 + \frac{k}{k_k}) = m_1$$

$$h + h_k = h_2 \quad h_k = h - h_2$$

$$h + h_k = h_2 \quad h - h_k = h_1$$

$$h_0 = \frac{h - h_k}{2}$$

$$h_0 = (m_k \frac{h_k}{2} + m_2 \frac{h}{2}) : m_2$$

$$m_2 = \frac{m_1}{1 + \frac{h}{h_k - h_2}}$$

$$m_k + m_2 = m_1$$

$$\frac{m_k}{m_2} = \frac{h}{h_k}$$

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$h_k = h \frac{m_2}{m_k}$$

$$h_0 = (\frac{h m_2}{2} + \frac{m_2 h}{2}) : m_2 = m_0 h : m_2$$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 789

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h_{20} = \frac{1}{2 + \frac{h}{h - h_2}} = \frac{h - h_2}{h - h_2 + h}$$

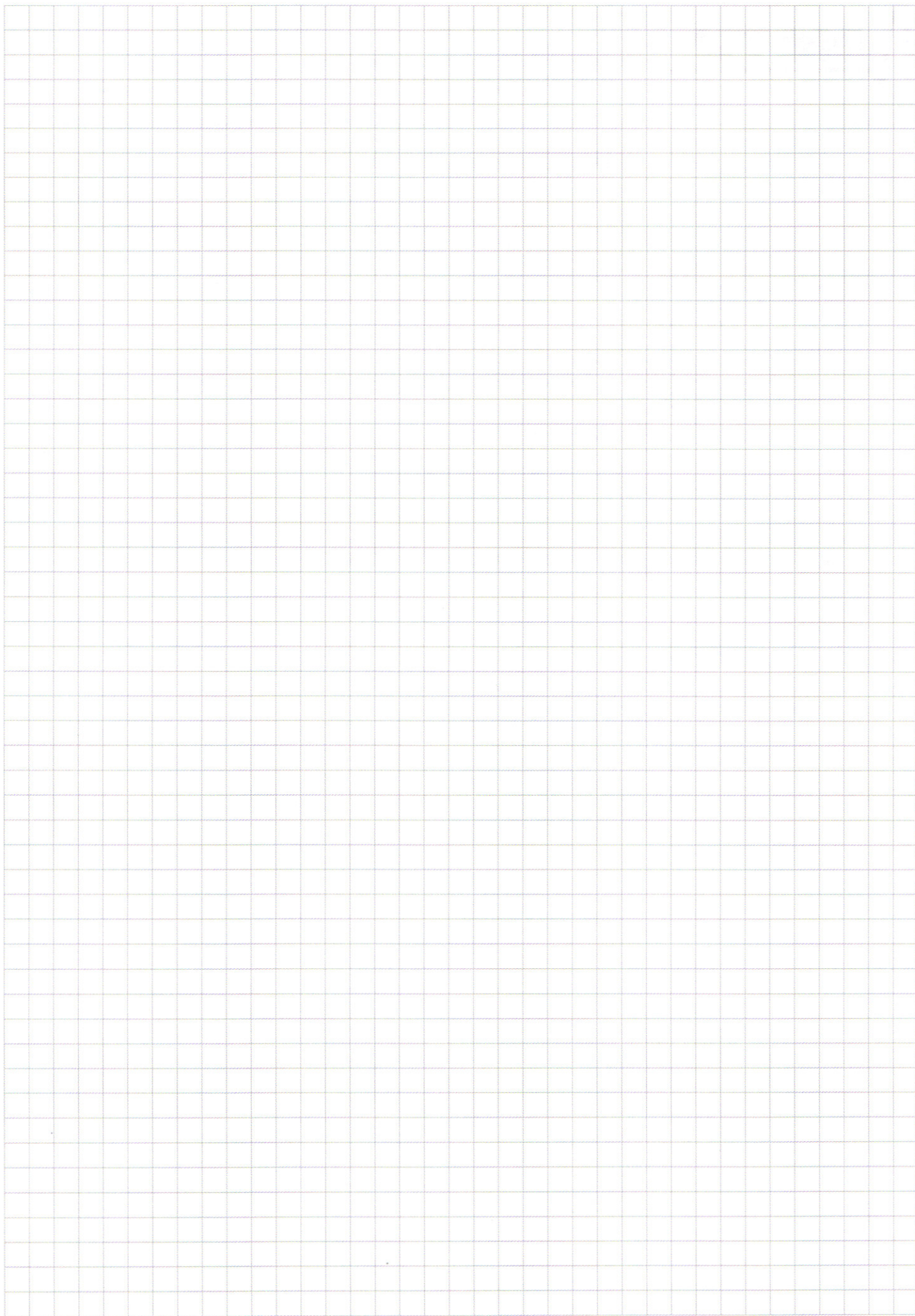
$h = \frac{h_2 + h_1}{2}$ h_2 и h_1 известны, h_{20} можно легко вычислить

$$h_{20} = \frac{h - h_2 + h}{2} = \frac{2h - h_2}{2}$$

h_{20} тогда можно легко вычислить

$$v^2 = 2g \left(\frac{h_2}{2} - h_{20} \right)$$

$$v = \sqrt{g \left(\frac{h_2}{2} - h_{20} \right)}$$

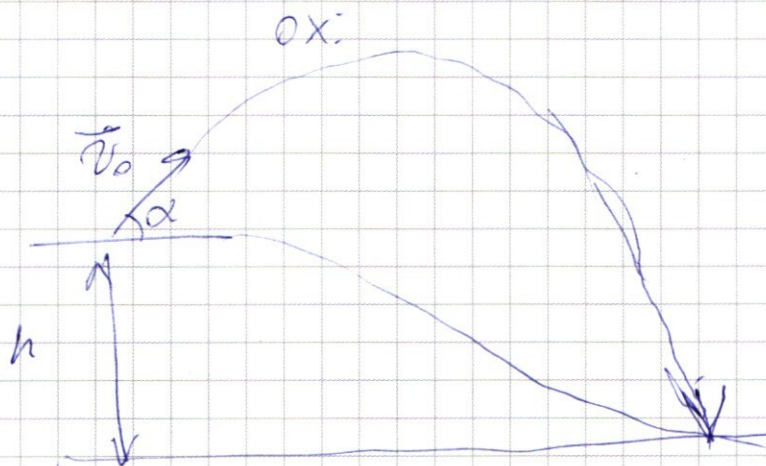


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

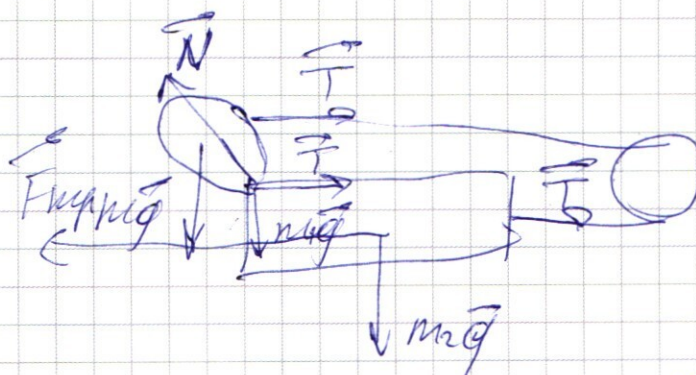
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} OY: -mg + N_1 \cos \alpha &= 0 \\ -mg + N_2 \cos \alpha &= 0 \end{aligned}$$



$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv_f^2}{2}$$



$$T = \frac{mg}{2} \cdot 3m$$

$$\begin{array}{r} \times 277 \\ 5 \\ \hline 1385 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 277 \\ 8 \\ \hline 1662 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 277 \\ 8 \\ \hline 2216 \end{array}$$

$$\frac{1107(8-1)}{8}$$

$$\frac{RT \rho}{p \gamma}$$

$$\frac{RT \rho}{p \gamma \cdot 1107(8-1)} = \frac{RT \rho}{p \gamma}$$

$$V_1 \rightarrow V_2$$

$$= \frac{RT \rho}{p \gamma (8-1)}$$

$$\begin{array}{r} \times 277 \\ 8 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 277 \\ 3 \\ \hline 831 \\ \times 277 \\ 2 \\ \hline 553 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} \times 3266 \\ 8 \\ \hline 26128 \end{array}$$

$$pV = \rho RT$$

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

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

$$p \gamma \rho \gamma V_1 + p = p \gamma V_2$$

$$pV = \rho RT$$

$$V_{m2} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{V_1 \frac{V_2}{V_1} RT}{p}$$

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

$$0 = \rho \gamma V_1 \cos \alpha + \rho \gamma V_2 \cos \alpha$$

$$\rho \gamma V_1 \cos \alpha + \rho \gamma V_2 \cos \alpha = \rho \gamma V_1 \cos \alpha + \rho \gamma V_2 \cos \alpha$$