Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^0$ 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.

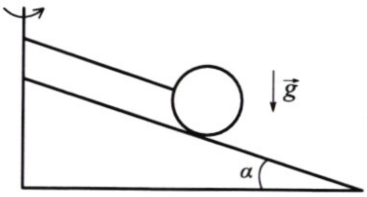
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

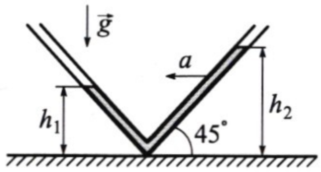
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L, привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

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 $\alpha = 45^0$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах 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/с^2. Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95 ^{0}С 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/см^3, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

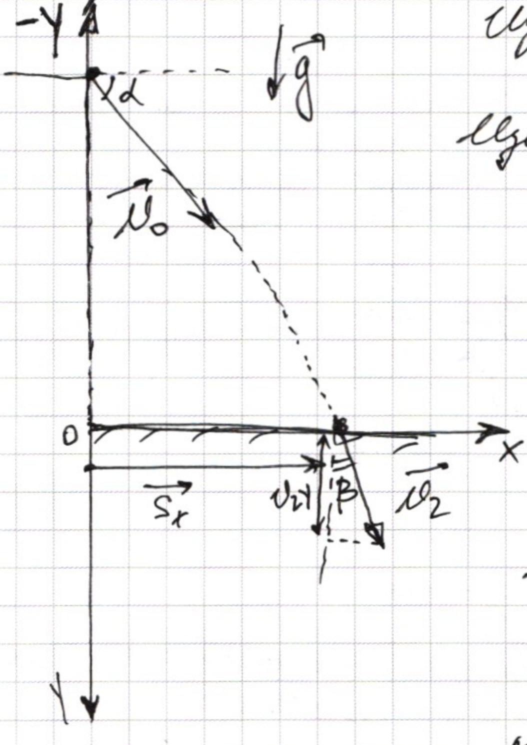
Задача № 1

$v_0 = 8\frac{м}{с}$
$g = 10\frac{м}{с^2}$
$\alpha = 60°$
$v_2 = v_0 \cdot 2,5$

1) v_{2y}
2) t
3) S_x

По условию, в полёте камень всё время приближался к горизонт. поверх. Земли ⇒ т.к. $\vec{S_i} \uparrow\uparrow \vec{v_i}$ ⇒ в любой момент времени t_i ~~момент~~ $\vec{v_i}$ направлена к Земле, т.е. вертик. составляющая скорости всегда сонаправлена с $\vec{g}$ ⇒ угол $\alpha = 60°$ считается по часовой стрелке от гориз. (См. рис. I)

рис. 1.



Из формул кинематики: для равноуск. движ.
$$\begin{cases} \vec{S} = \vec{v}t + \vec{a}\frac{t^2}{2} \\ \vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}t \quad (1). \end{cases}$$

Изобразим ур-е (1) векторно, с учётом известного напр-я $\vec{v}$ и $a = g$ верт. вниз (рис. 2)

$$\vec{v_2} = \vec{v_0} + \vec{g}t$$

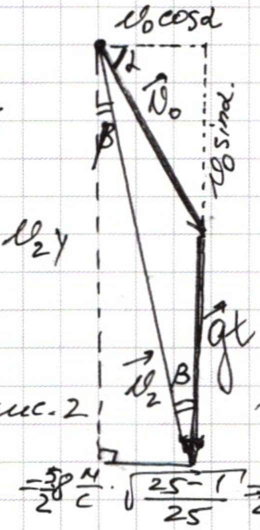


рис. 2

Из рисунка:
$$\sin\beta = \frac{v_0\cos\alpha}{v_2} = \frac{v_0\cos\alpha}{2,5v_0} = \frac{\cos\alpha}{2,5} = \frac{1}{5} \quad \left(\cos\alpha = \cos 60° = \frac{1}{2}\right)$$

$$\Rightarrow v_{2y} = v_2\cos\beta = \frac{5}{2}v_0\sqrt{1-\sin^2\beta}$$

$$v_{2y} = \frac{5}{2}v_0\cdot\sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{5}{2}8\frac{м}{с}\cdot\sqrt{1-\frac{1}{25}} = \frac{5}{2}8\frac{м}{с}\cdot\sqrt{\frac{25-1}{25}} = \frac{5}{2}8\frac{м}{с}\cdot\sqrt{\frac{24}{25}} = 8\frac{м}{с}\frac{5}{2}\frac{2}{5}\sqrt{6} = 8\frac{м}{с}\sqrt{6} \approx 19\frac{м}{с}$$

1) $v_{2y} = \frac{5}{2}v_0\sqrt{1-\left(\frac{\cos\alpha}{2,5}\right)^2} = 8\sqrt{6}\frac{м}{с} \approx 19\frac{м}{с}$

Из рисунка,
$$\begin{cases} \cos\beta = \frac{v_0\sin\alpha + gt}{v_2} \\ \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\left(\frac{\cos\alpha}{2,5}\right)^2} = \frac{2}{5}\sqrt{6} \end{cases} \Rightarrow gt = v_2\cos\beta - v_0\sin\alpha$$

$$gt = 2,5v_0\cos\beta - v_0\sin\alpha = v_0\left(2,5\cdot\frac{2}{5}\sqrt{6} - \sin\alpha\right) = v_0\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right).$$

$$\Rightarrow t = \frac{v_0}{g}\left(\sqrt{6}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{8\frac{м}{с}}{10\frac{м}{с^2}}\left(\sqrt{6}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 0,8\cdot\left(\sqrt{6}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) с.$$

2) $t = \frac{v_0}{g}\left(\sqrt{6}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \approx 0,8\left(\sqrt{6}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$ с.

Задача №1

$$\vec S = \vec v_0 t + \frac{\vec a t^2}{2}$$

ox: $S_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} = v_0 \cos\alpha\, t + 0\cdot\frac{t^2}{2}$

$\Rightarrow \begin{cases} S_x = v_0\cos\alpha\, t \\ t = \frac{v_0}{g}\left(\sqrt6 - \frac{\sqrt3}{2}\right)\end{cases} \Rightarrow S_x = \frac{v_0^2}{g}\cos\alpha\cdot\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right) = \frac{v_0^2}{2g}\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right)$

$\Rightarrow S_x = \frac{v_0^2}{2g}\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right) = \frac{\left(8\frac{м}{с}\right)^2}{2\cdot 10\frac{м}{с^2}}\cdot\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right) = \frac{16}{5}м\cdot\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right) = 3{,}2\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right)м$

Ответ: 1) $v_{2y} = 8\sqrt6\ \frac{м}{с} \approx 19\ \frac{м}{с}$

2) $t = 0{,}8\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right)с$

3) $S_x = 3{,}2\cdot\left(\sqrt6-\frac{\sqrt3}{2}\right)м.$

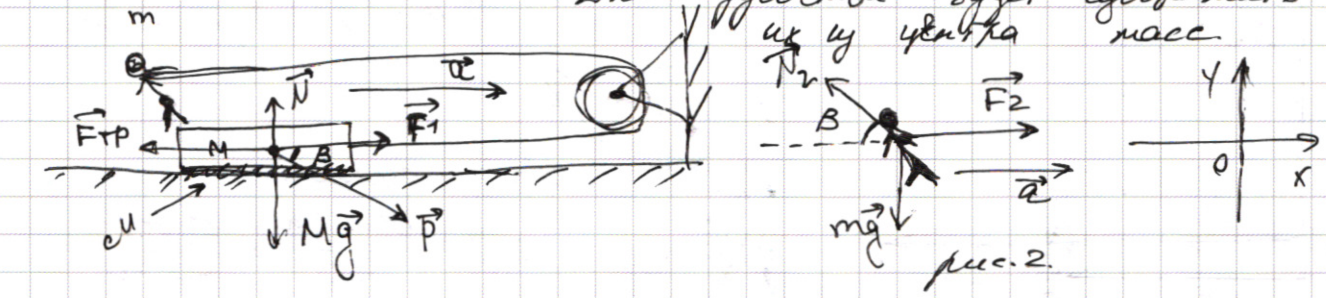
Задача №2

$M=5m$

(рис. 1)

Расставим силы, действ. на ящик и силы действ. на человека (рис. 2).

Для удобства будем изображать их из центра масс



По III з.Н. (рис. 1) $\vec P = -\vec N_2 \Rightarrow P = N_2$

угол β одинак.

Из нерастяжимости нити $F_1 = F_2$

Человек не отрывается от ящика ⇒ ускорение a одинак.

Запишем II з.Н. для ящика и для человека:

$\sum\vec F = m\vec a \Rightarrow \begin{cases}\vec N + \vec F_1 + \vec P + M\vec g + \vec F_{тр} = M\vec a \\ \vec F_2 + m\vec g + \vec N_2 = m\vec a\end{cases}$

$\begin{cases} ox: & F_1 + P\cos\beta - F_{тр} = Ma \\ oy: & N - Mg - P\sin\beta = 0 \\ ox: & F_2 - N_2\cos\beta = ma \\ & N_2\sin\beta - mg = 0. \\ & F_{тр} = \mu N \text{ (по з. Кул.-Амонт. при скольж.)} \\ & F_2 = F_1 \\ & N_2 = P.\end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_1 + P\cos\beta - \mu N = Ma \quad (1) \\ N = Mg + P\sin\beta = Mg + mg = (m+M)g \\ F_1 = ma + P\cos\beta \\ P\sin\beta = mg \Rightarrow P = \frac{mg}{\sin\beta}\end{cases}$

$(2)\begin{cases} F_1 + mg\,ctg\beta - \mu(m+M)g = Ma \\ F_1 = ma + mg\,ctg\beta\end{cases}$

Ящик давит на пол с какой-то силой P_x, но по III з.Н. $\vec P_x = -\vec N \Rightarrow$

$\downarrow\vec P_x$ из (1). 1). $P_x = N = (m+M)g$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 2

1) $P_x = N = (m+M)g = 6mg$

(2) $\begin{cases} F_1 + mg\,ctg\beta - \mu(m+M)g = Ma \\ F_1 = ma + mg\,ctg\beta \end{cases}$ $\quad mg\,ctg\beta = F_1 - ma$

$\Rightarrow F_1 + F_1 - ma - \mu(m+M)g = Ma$

$F_1 = \frac{(M+m)(a+\mu g)}{2}$

$\Rightarrow F_0$ миним, при $a = 0$.

$\Rightarrow + \begin{cases} F_0 + mg\,ctg\beta - \mu(m+M)g = Ma = 0 \\ F_0 = mg\,ctg\beta \end{cases}$

$2F_0 = \mu(m+M)g$

2) $\boxed{F_0 = \frac{\mu}{2}(m+M)g} = \boxed{3\mu mg}$

Если $F > F_0 \Rightarrow a \neq 0$.

Из кинематики $S = \frac{v_u^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow u^2 = S \cdot 2a + v_0^2 = 2aS$

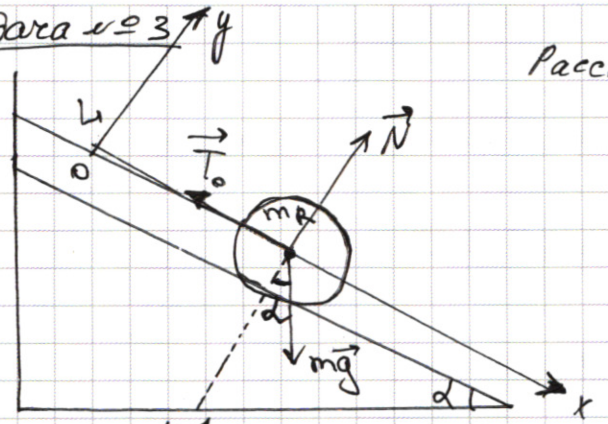
(2) $+\begin{cases} F + mg\,ctg\beta - \mu(m+M)g = Ma \\ F = ma + mg\,ctg\beta \end{cases}$ $\quad$ ~~$F = \frac{(M+m)a + \mu(m+M)g}{2}$~~

$2F - \mu(m+M)g = (m+M)a \Rightarrow a = \frac{2F - \mu(M+m)g}{M+m}$

$\Rightarrow u = \sqrt{2aS} = \sqrt{2 \cdot \frac{(2F - \mu(m+M)g)}{M+m} S} = \sqrt{\frac{2F - 6\mu mg}{3m} S}$

Ответ:
1) $P_x = 6mg$
2) $F_0 = \frac{\mu}{2}(m+M)g = 3\mu mg$
3) $u = \sqrt{\frac{2F - 6\mu mg}{3m} S}$

Задача № 3



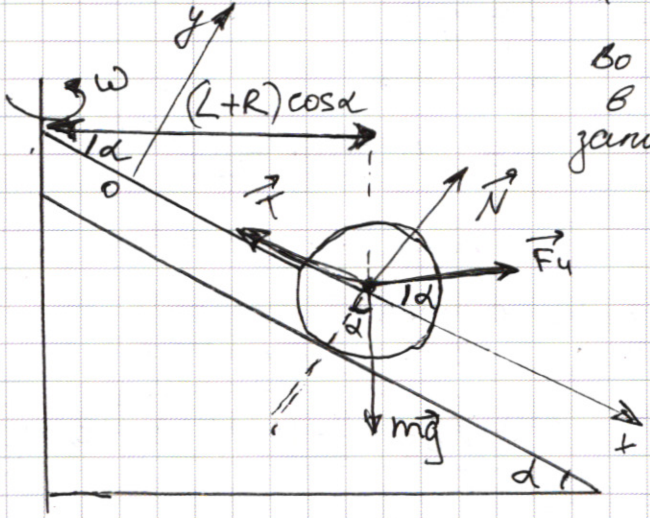
Расставим оси и запишем II з.Н

$\sum \vec F = m\vec a$ $a=0$.

$\vec N + m\vec g + \vec T_0 = 0$.

ox: $mg\sin\alpha - T_0 = 0$

1). $\Rightarrow \boxed{T_0 = mg\sin\alpha}$



Во 2) ситуации перейдем в неинерц. СО клина и запишем II з.Н. с учетом $F_и$

$\vec F_и = -m\vec a$.

$\sum \vec F = 0$ (т.к. в СО клина $a=0$).

$\vec F_и + \vec N + \vec T + m\vec g = 0$.

$\vec F_и = -m\vec a \Rightarrow F_{иx} = F_и \cos\alpha$

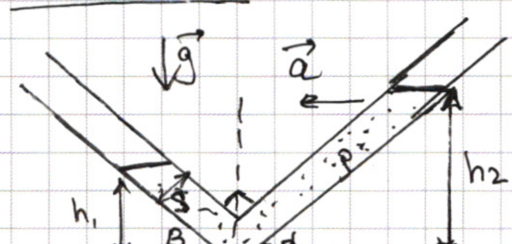
$$ox: \begin{cases} F_и\cos\alpha + mg\sin\alpha - T = 0. \\ r = (R+L)\cos\alpha \\ F_и = ma \\ a = \frac{\upsilon^2}{r} = \frac{(\omega r)^2}{r} = \omega^2 r = \omega^2(L+R)\cos\alpha \end{cases}$$

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

Ответ: 1) $T_0 = mg\sin\alpha$

2) $T = m\left(\omega^2(L+R)\cos^2\alpha + g\sin\alpha\right)$.

Задача № 4

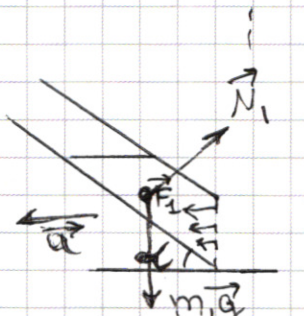


т.к. $\alpha = 45°$ и трубка под прямым углом $\Rightarrow \beta = \alpha = 45°$

Для удобства будем писать везде угол $\alpha = 45°$

„Разделим" масло в трубке на 2 части и расставим силы по отдельности на каждую из частей

(F_1 – сила давления со стороны 2-ой части)



II з.Н: $\vec N_1 + \vec F_1 + m_1\vec g = m_1\vec a$

ox: $m_1 g\cos\alpha - F_1\cos\alpha = -m_1 a\cos\alpha$.

$\boxed{m_1 a + m_1 g = F_1}$

II з.Н.: $m_2\vec g + \vec N_2 + \vec F_2 = m_2 a$

oy: $m_2 g\cos\alpha - F_2\cos\alpha = m_2 a\cos\alpha$

$\boxed{F_2 = m_2 g - m_2 a}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4.

$$\begin{cases} F_1 = m_1 a + m_1 g \\ F_2 = m_2 g - m_2 a \end{cases} \qquad F_1 = F_2 = m_1 a + m_1 g = m_2 g - m_2 a$$

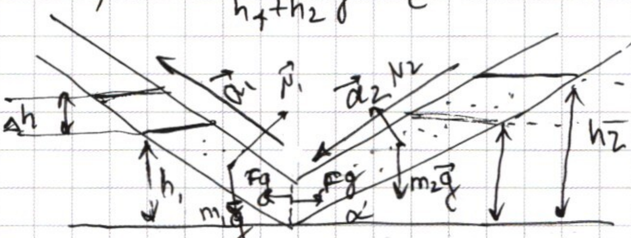
$$a(m_1+m_2) = (m_2-m_1)g$$

По III з. Н. $\vec{F_1} = -\vec{F_2} \Rightarrow F_1 = F_2$ $\boxed{a = \frac{m_2-m_1}{m_1+m_2} g}$

$$\begin{cases} m_1 = \rho S h_2 / \sin\alpha \\ m_2 = \rho S h / \sin\alpha \\ a = \frac{m_2-m_1}{m_1+m_2} g \end{cases} \Rightarrow a = \frac{\rho S \sin\alpha (h_2-h_1)}{\rho S \sin\alpha (h_1+h_2)} g = \frac{h_2-h_1}{h_1+h_2} g$$

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

1) $a = \frac{h_2-h_1}{h_1+h_2} g = 2\frac{м}{с^2}$

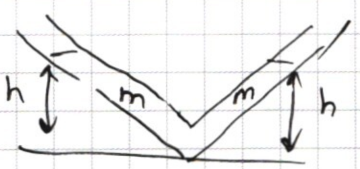


т.к. $\alpha = \beta = 45°$ $\Rightarrow$ Δh одинак. в обоих колена трубки.

Перейдем в СО трубки: т.к. ускорения „a" больше нет ⇒ силы нескомпенсированы ⇒ жидкость будет двигаться с ускорением.

т.к. жидкость нах-ся в трубе ⇒ ускорение будет ∥ стенкам трубки

II з.Н. в проекции вдоль стенок трубки:



$$\begin{cases} F_g\cos\alpha - m_1 g\cos\alpha = m_1 a_1 \\ -F_g\cos\alpha + m_2 g \cos\alpha = m_2 a_2 \\ F_g \text{ общее} \end{cases} \Rightarrow m_1(a+g\cos\alpha) = m_2(a+g\cos\alpha)$$

$a_1 = a_2$, т.к. $(m_1+m_2) = const$

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

С изменением m_1 ↑ и m_2 ↓ (вода будет перетекать), a будет уменьшаться, но всегда $a \geq 0$. ⇒ „u" будет макс. в самом конце, т.к. $a \geq 0 \Rightarrow u$ всегда увелич.

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

Запишем ЗСЭ в СО трубки: т.е. уровни жидкости в трубке сравняются до h.

$$m_1 g\frac{h_1}{2} + m_2 g\frac{h_2}{2} = 2m\frac{h}{2} + (m_1+m_2)\frac{u^2}{2}$$

$m_1 g\frac{h_1}{2}$: $\frac{h_1}{2}$ – коорд. центра масс.

$2m = m_1 + m_2$

$$m_1 g\frac{h_1}{2} + m_2 g\frac{h_2}{2} = (m_1+m_2)\frac{h}{2} + (m_1+m_2)\frac{u^2}{2}$$

Задача №4

$$m_1 g\frac{h_1}{2} + m_2 g\frac{h_2}{2} = (m_1+m_2)\frac{h}{2}g + (m_1+m_2)\cdot\frac{u^2}{2} \quad \Big/ : \frac{m_1+m_2}{2}$$

т.к. $m_1+m_2=const.$

$m_1 = \rho S\, h_1/\sin\alpha$

$m_2 = \rho S\, h_2/\sin\alpha$

$$\frac{m_1 g h_1 + m_2 g h_2}{m_1+m_2} = \frac{(h_1+h_2)}{2}g + u^2$$

$$\Rightarrow h = \frac{m_1+m_2}{2}\cdot\frac{1}{\rho S/\sin\alpha} = \frac{h_1+h_2}{2}$$

$$u^2 = \frac{m_1 h_1 + m_2 h_2}{m_1+m_2}g - \frac{h_1+h_2}{2}g$$

$$u^2 = \frac{h_1^2+h_2^2}{h_1+h_2}g - \frac{h_1+h_2}{2}g$$

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

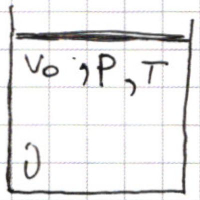
$$u = \sqrt{10\frac{м}{с^2}\left(\frac{64+144}{8+12} - \frac{8+12}{2}\right)см} = \sqrt{\frac{1}{10}\frac{м^2}{с^2}\left(\frac{208}{20}-10\right)} = \sqrt{\frac{10{,}4-10}{10}\frac{м^2}{с^2}} =$$

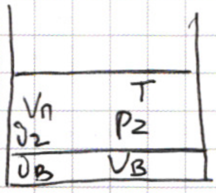
$$= \sqrt{\frac{0{,}4}{10}\frac{м^2}{с^2}} = \sqrt{0{,}04\frac{м^2}{с^2}} = 0{,}2\frac{м}{с}.$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Ответ: 1) } a = \dfrac{h_2-h_1}{h_1+h_2}g = 2\dfrac{м}{с^2} \\ \text{2) } u = \sqrt{g\left(\dfrac{h_1^2+h_2^2}{h_1+h_2} - \dfrac{h_1+h_2}{2}\right)} = 0{,}2\dfrac{м}{с} \end{array}}$$

Задача №5.

$t = 95°C$
$T = 368\,K$
$P = 8{,}5\cdot 10^4\,Па$
$\rho = 1\frac{г}{см^3}$
$\mu = 18\frac{г}{моль}$
$\gamma = 4{,}7$





Из уравнения Менделеева-Клапейрона получим:

$$P V_0 = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow p = \frac{m}{V_0\mu}RT = \frac{\rho_п}{\mu}RT$$

$$\Rightarrow \rho_п = \frac{\mu P}{RT}$$

$$\Rightarrow k_1 = \frac{\rho_п}{\rho} = \frac{\mu P}{RT\rho}$$

(2) $p_2 V_п = \nu_2 RT$

(1) $pV_0 = \nu RT$

В сосуде насыщ. пар, и при сжатии $T=const$ пар остается насыщ. (т.к. в сосуде есть вода)

$\varphi = \frac{p}{p_{нас}}$ $\quad \varphi = const$, $p_{нас} = const$ (т.к. $T=const$) $\Big/ \Rightarrow p = const \Rightarrow$ при сжатии $p_2 = p$

(1) и (2) $\dfrac{p_2 V_п}{pV_0} = \dfrac{p\cdot\frac{V_0}{\gamma}}{pV_0} = \dfrac{1}{\gamma} = \dfrac{\nu_2 RT}{\nu RT} = \dfrac{\nu_2}{\nu} \Rightarrow \nu_2 = \dfrac{\nu}{\gamma}$

$$V_В = \frac{m_В}{\rho} = \frac{\nu_В\cdot\mu}{\rho} = \frac{(\nu-\nu_2)\mu}{\rho}; \quad V_п = \frac{\nu_2 RT}{p} \Rightarrow$$

$$k_2 = \frac{V_п}{V_В} = \frac{\nu_2 RT\ \rho}{p\cdot(\nu-\nu_2)\mu} = \frac{\frac{\nu}{\gamma}RT\rho}{p(\nu-\frac{\nu}{\gamma})\mu} = \frac{RT\rho}{p(\gamma-1)\mu}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

$$k_1 = \frac{\rho_п}{\rho} = \frac{\mu P}{RT\rho} = \frac{18\,\frac{г}{моль}\cdot 8{,}5\cdot 10^4\,Па}{8{,}3\,\frac{Дж}{К\cdot моль}\cdot 368\,К\cdot 1\,\frac{г}{см^3}} \approx \frac{153\cdot 10^4\,Па\cdot см^3}{30544\,Дж} =$$

$$= \frac{153\cdot 10^{-2}\,Дж}{3054{,}4\,Дж} \approx \frac{10^{-2}}{20} = 0{,}5\cdot 10^{-3}.$$

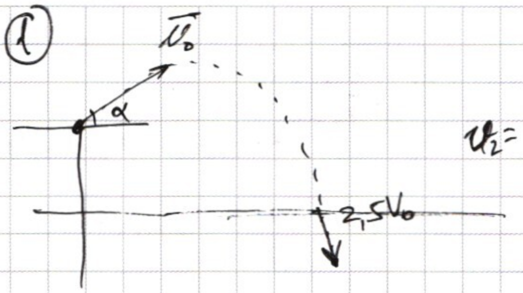
$$k_2 = \frac{V_п}{V_В} = \frac{\frac{\vartheta_2 RT}{P}}{(\vartheta-\vartheta_2)\mu}\rho = \frac{\vartheta_2 RT\rho}{P(\vartheta-\vartheta_2)\mu} = \frac{RT\rho}{P\mu(\gamma-1)}$$

$$k_2 = \frac{8{,}3\,\frac{Дж}{моль\cdot К}\cdot 368\,К\cdot 1\,\frac{г}{см^3}}{8{,}5\cdot 10^4\,Па\cdot 18\,\frac{г}{моль}\cdot(4{,}7-1)} = \frac{2\,Дж}{10^3\,Па\cdot см^3\cdot 3{,}7} = \frac{2}{10^{-3}\cdot 3{,}7} = \frac{2\cdot 10^3}{3{,}7} = 0{,}54\cdot 10^3 = 540$$

$$\boxed{\begin{aligned} &\text{Ответ: } 1)\ k_1 = \frac{\mu P}{RT\rho} = 0{,}5\cdot 10^{-3} \\ &2)\ k_2 = \frac{RT\rho}{P\mu(\gamma-1)} = 540 \end{aligned}}$$

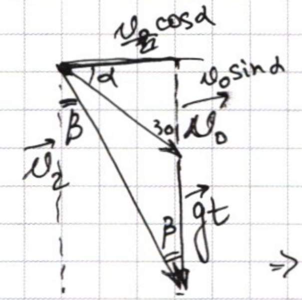
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. (1)

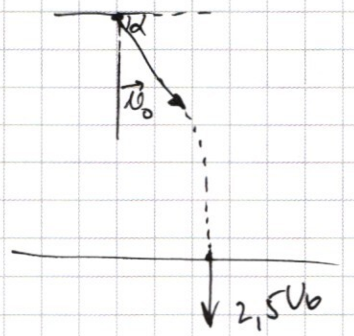


Камень приближается => v_0 вниз.

$v_2 = 2{,}5v_0$ $\qquad v_y = 2{,}5v_0 \cos\beta$



$$v_2^2 = (v_0\cos\alpha)^2 + (v_0\sin\alpha + gt)^2$$



$$\sin\beta = \frac{v_0\cos\alpha}{v_2} = \frac{\cos\alpha}{2{,}5} = \frac{1}{2}\cdot 2{,}5 = \frac{1}{5}$$

$$\Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1-\frac{1}{25}} = \sqrt{\frac{24}{25}} = \frac{2}{5}\sqrt{6}$$

$$v_y = v_2\cos\beta = 2{,}5v_0\cdot\frac{2}{5}\sqrt{6} = \sqrt{6}\,v_0$$

$$\sin\beta = \frac{v_0\cos\alpha}{2{,}5v_0} = \frac{\cos 60}{2{,}5} = \frac{1}{5}$$

$\frac{5}{2} \Rightarrow \frac{25}{4} - \frac{1}{4} = \frac{24}{4} = 6$ $\Rightarrow$ $\cos\beta = \sqrt{1-\left(\frac{1}{5}\right)^2} = \sqrt{\frac{24}{25}} = \frac{2}{5}\sqrt{6}$

$$v_y = v_2\cos\beta = 2{,}5v_0\cdot\frac{2}{5}\sqrt{6} = \sqrt{6}\,v_0 = 8\sqrt{6}\,\frac{м}{с}$$

$$gt = \sqrt{v_2^2 - v_0^2\cos^2\alpha} - v_0\sin\alpha = v_0\left(\sqrt{(2{,}5)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) =$$

$$= v_0\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \sqrt{3}\,v_0\left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right) = \sqrt{3}\,v_0\,\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$$

$$\cos\beta = \frac{v_0\sin\alpha + gt}{2{,}5v_0}$$

$\frac{1{,}7}{2} = 0{,}85$

$$gt = 2{,}5v_0\cos\beta - v_0\sin\alpha$$

$$t = \frac{v_0}{g}\left(2{,}5\cdot\frac{2}{5}\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{v_0}{g}\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$1{,}53 \times 0{,}8 = 1{,}224$

$2{,}38 - 0{,}85 = 1{,}53$

$$S_x = v_0\cos\alpha t = v_0\cos\alpha\cdot\frac{v_0}{g}\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{v_0^2}{2g}\left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{64}{2\cdot 10} = \frac{32}{10} = 3{,}2$$

$\sqrt{6} = \sqrt{2}\cdot\sqrt{3}$

$$\sqrt{3}\left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}\left(2\sqrt{2} - 1\right)$$

$64 \times 6 = 384$

19×19: $171 + 19 = 3{,}61$

$2{,}38 \times 8 = 19{,}04$

3, 6

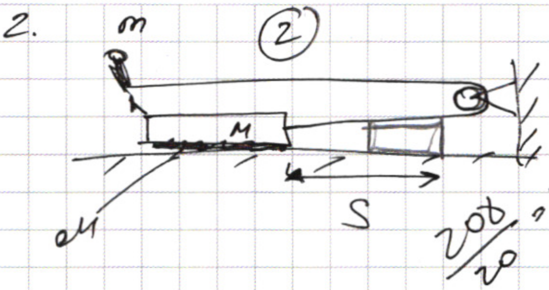
$1{,}4 \times 1{,}7$: $98 + 14 = 2{,}38$

2

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

2. m (2) $M = 5m$



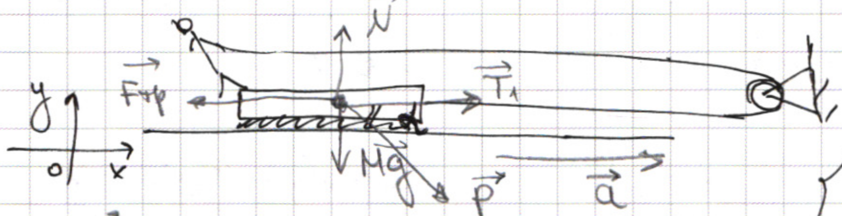
$\frac{208}{20} = \frac{104}{10}$

S
m
5m
μ

1) N - ?
2) T_0 - ? миним.
3) μ - ? $(F > F_0)$.

по II з.Н. $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$\vec{T_1} + \vec{N} + \vec{F_{тр}} + M\vec{g} + \vec{P} = m\vec{a}$



доски:

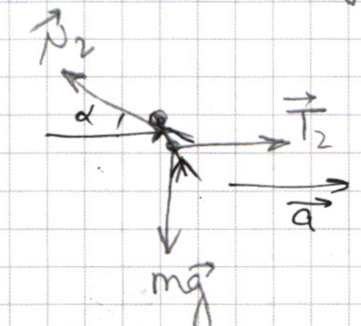
ox: $T_1 + P\cos\alpha - F_{тр} = Ma$

oy: $N - Mg - P\sin\alpha = 0$.

человека:

ox: $T_2 - P\cos\alpha = ma$

oy: $N_2\sin\alpha - mg = 0$



по III з.Н.

$\vec{P} = -\vec{N_2}$

$P = N_2$

угол один.

$F_{тр} = \mu N$ (при скольж.)

$T_1 = T_2 = T$.

(1) $\begin{cases} T + P\cos\alpha - \mu N = Ma \\ N = Mg + P\sin\alpha \\ T - P\cos\alpha = ma \\ P\sin\alpha = mg \Rightarrow P = \frac{mg}{\sin\alpha} \end{cases}$

$\Rightarrow N = Mg + mg$

1). $N = (m+M)g = 6mg$

$\begin{cases} T + mg\,ctg\alpha - \mu(Mg + mg) = Ma \\ T - mg\,ctg\alpha = ma \end{cases} \Rightarrow T = mg\,ctg\alpha + ma$

$\Rightarrow F_0 = mg\,ctg\alpha + ma$

$a = 0$ (чтобы мин.)

$\Rightarrow \boxed{F_0 = mg\,ctg\alpha}$

$mg\,ctg\alpha + mg\,ctg\alpha - \mu(Mg + mg) = 0$.

$2mg\,ctg\alpha = \mu g(M+m)$.

$\boxed{ctg\alpha = \frac{\mu}{2}\frac{(M+m)}{m}}$

$\Rightarrow F_0 = mg\,ctg\alpha = mg\frac{\mu(M+m)}{2m} = \frac{\mu(M+m)g}{2}$.

$\boxed{F_0 = \frac{\mu(M+m)g}{2}}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $F > F_0$ 3

1 $\begin{cases} T + P\cos\alpha - \mu N = Ma \\ N = Mg + P\sin\alpha = (M+m)g \\ T - P\cos\alpha = ma \\ P\sin\alpha = mg \Rightarrow P = \frac{mg}{\sin\alpha} \end{cases}$

$\begin{cases} \cancel{T} + mg\,ctg\,\alpha - \mu(M+m)g = Ma \\ \cancel{T} - mg\,ctg\,\alpha = ma \end{cases}$

$T = mg\,ctg\,\alpha + ma$

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

$a = \frac{2F - \mu(M+m)g}{M+m}$

$\cancel{mg\,ctg\,\alpha + ma + mg\,ctg\,\alpha - \mu(m+M)g = Ma}$

$\cancel{2mg\,ctg\,\alpha - \mu(m+M)g = (M-m)a}$

$\cancel{a = \frac{2m\,ctg\,\alpha - \mu(m+M)}{M-m}g}$

$S = \frac{u^2 - 0^2}{2a} \Rightarrow u^2 = 2aS$

$\cancel{u^2 = 2 \cdot \frac{2m\,ctg\,\alpha - \mu(M+}{}}$

$u = \sqrt{2 \cdot \frac{2F - \mu(M+m)g}{M+m} S} = \sqrt{2 \cdot \frac{2F - \mu \cdot 6mg}{6m} S} =$

$$\boxed{u = \sqrt{\frac{2F - \mu 6mg}{3m} S}}$$

5. насыщ пар.

$t = 95°C$

$P_{н} = 8{,}5 \cdot 10^4$ Па

$T = const.$

$\frac{\rho_n}{\rho_B} - ?$

$\frac{V_n}{V_B} - ?$

$\gamma V_n = V_0$

$V_n = \frac{V_0}{\gamma}$

$T = const.$

конд., но насыщ.

$\Rightarrow \varphi = 100\%$

$\Rightarrow \rho_n = const.$

$\rho_B = 1\frac{г}{см^3}$

$\mu = 18\frac{г}{моль}$

Ур-е Менд.-Кл.: $\begin{cases} pV_0 = \nu RT \\ pV_n = \nu_2 RT \end{cases}$

$\Rightarrow \frac{\nu_2}{\nu} = \frac{V_n}{V_0} \Rightarrow \nu_2 = \frac{V_n}{V_0}\nu = \frac{\nu}{\gamma}$ $\quad \varphi = \frac{p}{p_{нас}} \Rightarrow p = const.$

$pV_0 = \nu RT$

$pV_0 = \frac{m}{\mu}RT$

$\Rightarrow \boxed{\rho = \frac{p\mu}{RT}}$

$\Rightarrow \nu_B = \nu - \nu_2 = \nu(1 - \frac{1}{\gamma})$

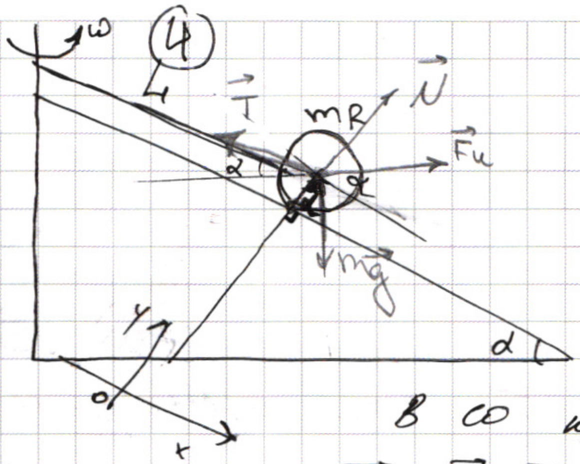
$V_B = \frac{\nu_B \cdot \mu}{\rho_B} \Rightarrow \frac{V_n}{V_B} = \frac{\frac{V_0}{\gamma} \rho_B}{\nu(1-\frac{1}{\gamma}) \cdot \mu} = \frac{V_0 \rho_B}{(\gamma - 1) \cdot \mu \cdot \frac{pV_0}{RT}} =$

$= \frac{\rho_B RT}{(\gamma-1)\mu p}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

3. (4)



$m \quad R \quad \alpha \quad L$

1). T_0 (покой)

2) T (ω)

II з.Н. с учетом $F_и$.
$(\vec{F_и} = -m\vec{a})$

$\frac{64+128-200}{20} = \frac{208-200}{20} = \frac{8}{20} = \frac{4}{10} = 0{,}4$

В СО клина:

$\vec{F_и} + \vec{N} + \vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a} = 0.$

$m_2 g\sin\alpha - m_1 g\sin\alpha = (m_1+m_2)a$

ox:

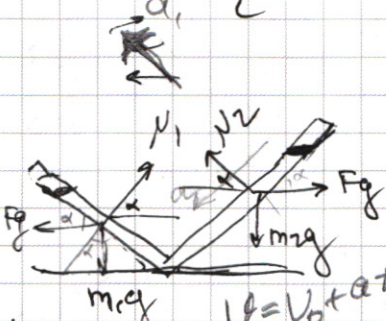
$F_и \cos\alpha + mg\sin\alpha - T = 0$

$N + F_и \sin\alpha - mg\cos\alpha = 0.$

$+\begin{cases} Fg\cos\alpha - m_1 g\sin\alpha = m_1 a \\ m_2 g\sin\alpha - Fg\cos\alpha = m_2 a \end{cases}$

$F_и = ma$

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



$\begin{cases} ma\cos\alpha + mg\sin\alpha - T = 0 \\ N + ma\sin\alpha - mg\cos\alpha = 0 \end{cases}$

$m_2 g h_2 + m_1 g h_1 = mgh + \frac{m v^2}{2}$

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

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

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

$v = v_0 + at = at$. Все равно $a \neq$, но $a > 0 \Rightarrow v\uparrow \Rightarrow$ max v вконце

$\boxed{a = \omega^2 L\cos\alpha}$

$(l_2 - l_1)\cos\alpha = (m_1+m_2)a$

4.

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

$\alpha = 45^\circ$
$h_1 = 8$ см
$h_2 = 12$ см

$\sin\alpha = \frac{h_1}{l_1} \Rightarrow l_1 = \frac{h_1}{\sin\alpha}$

$\boxed{T_0 = mg\sin\alpha}$

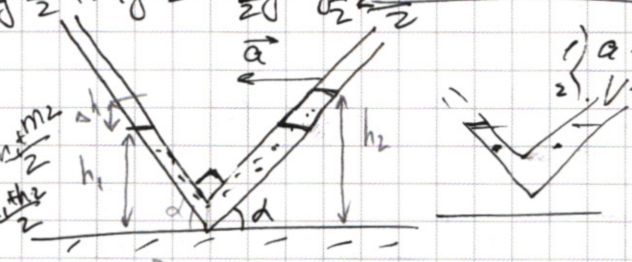
$m_2 g \cdot \frac{h_2}{2} + m_1 g \cdot \frac{h_1}{2} = m g \frac{h}{2} + \frac{m v^2}{2}$

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

$a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g\sin\alpha = const = 4$

$m = \frac{m_1+m_2}{2}$

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



1) a - ?
2) V - ?

$a\downarrow \quad v_0 = 0$

$a = \frac{(h_2 - \Delta h) - (h_1 + \Delta h)}{L} g\sin\alpha$

$F_{ин} = -ma$

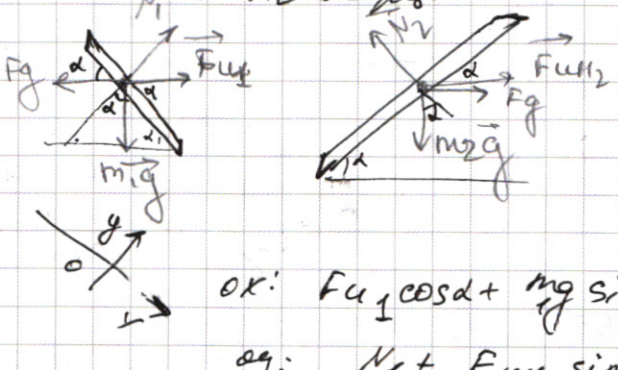
$F_{ин} = ma$

$a = \frac{h_2 - h_1 - 2\Delta h}{L} g\sin\alpha$

В неинерц. СО:

(2) ox: $(F_{ин_2} + F_g)\cos\alpha - m_2 g\sin\alpha = 0.$

$N_2 = (F_{ин_2} + F_g)\sin\alpha + m_2 g\cos\alpha$



(1)+(2). $m_1 a\cos\alpha + m_1 g\sin\alpha + m_2 a\cos\alpha - m_2 g\sin\alpha = 0$

$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1+m_2} g\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{m_2 - m_1}{m_1+m_2} g\,tg\alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1+h_2} g\,tg\alpha = \frac{4}{20} g \cdot 1 = \frac{g}{5}.$

ox: $F_{и_1}\cos\alpha + m_1 g\sin\alpha - F_g\cos\alpha = 0$ (1)

oy: $N_1 + F_{ин_1}\sin\alpha - m_1 g\cos\alpha - F_g\sin\alpha = 0.$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)