

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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 $\alpha = 60^\circ$ 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.

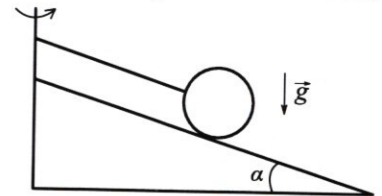
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

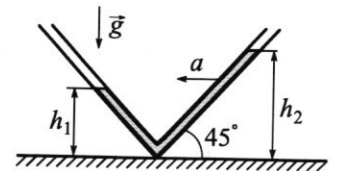
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

Дано:

$$v_0 = 8 \frac{m}{c}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_1 = 2,5 v_0$$

$$v_2, t, L - ?$$

$$v_0 \cos \alpha = v_1 \cos \beta$$

$$v_0 \cos 60^\circ = 2,5 v_0 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{1}{5}$$

$$\cos^2 \beta = \frac{1}{25}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{24}{25}$$

$$\beta < \frac{\pi}{2}$$

$$\sin \beta = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

$$v_2 = v_1 \sin \beta = 2,5 v_0 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{5 \cdot 2\sqrt{6}}{2 \cdot 5} \cdot v_0 = \sqrt{6} \cdot 8 \frac{m}{c} \approx$$

$$\approx 2,45 \cdot 8 \frac{m}{c} = 19,6 \frac{m}{c}$$

$$v_0 \sin \alpha - g t = -v_2$$

$$v_0 \sin 60^\circ - g t = -2,5 v_0 \sin \beta$$

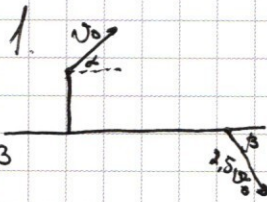
$$g t = v_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right)$$

$$t = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) \approx \frac{8 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} \left(\frac{1,75}{2} + 2,45 \right) = 0,4 \cdot 6,65 c =$$

$$= 2,66 c$$

$$L = v_0 \cos 60^\circ t = \frac{8 \frac{m}{c}}{2} \cdot 2,66 c = 10,64 m$$

Ответ: $v_2 = 19,6 \frac{m}{c}$; $t = 2,66 c$; $L = 10,64 m$



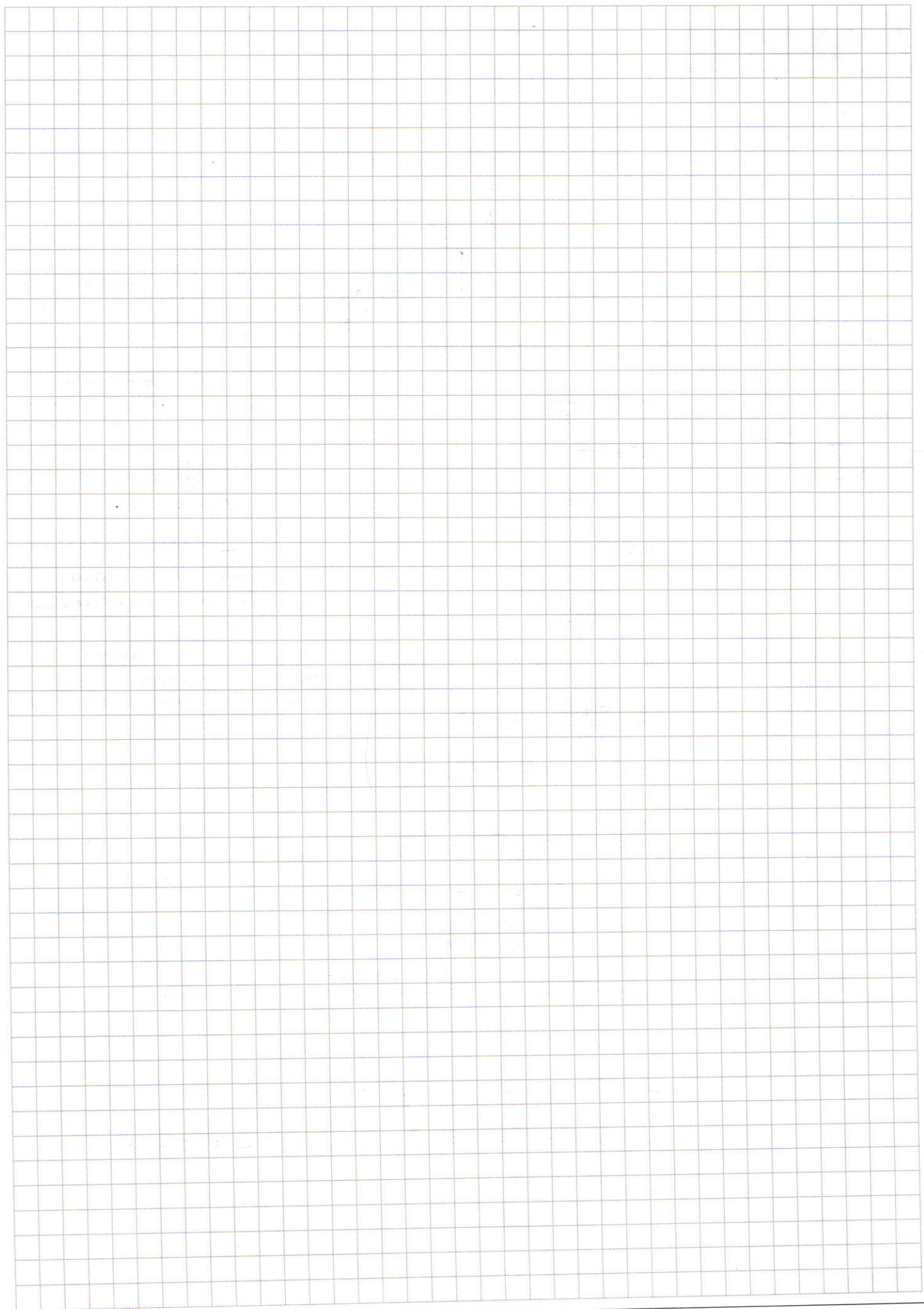
v_1 - скорость камня в момент падения на Землю.

v_2 - горизонтальная составляющая камня v_1 .

t - время полёта камня.

L - горизонтальное смещение камня во время полёта

β - угол между вектором скорости камня и горизонтальной поверхностью Земли.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

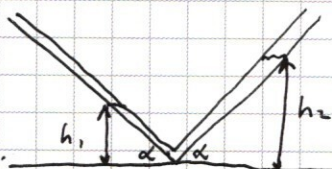
$$\alpha = 45^\circ$$

$$L_1 = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

$$L_2 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$$

a, ϑ — ?

4



В системе отсчёта трубы:

$$p_0 + \rho g h_1 + p_x = \rho g h_2 + p_0$$

$$p_x = \rho g (h_2 - h_1)$$

Заметим, что при движении в ~~горизонтальном~~ горизонтальном направлении, если перейти в систему отсчёта трубы, то возникнет сила, действующая на всю жидкость, направленная горизонтально и создающая добавочное давление p_x .

В некоторой степени эта сила аналогична гравитационной и можно записать:

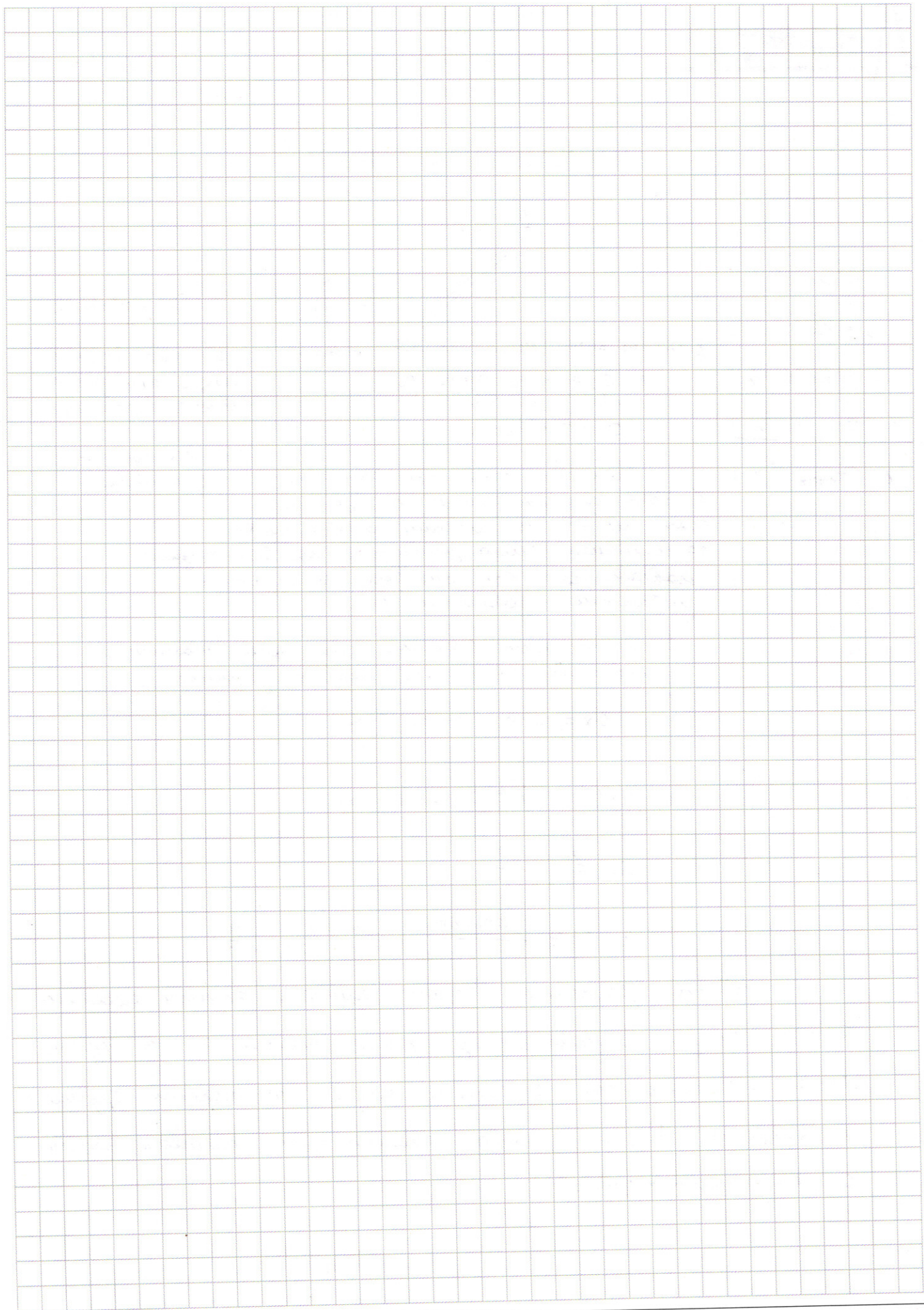
$$p_x = \rho \cdot a \cdot (h_1 + h_2) \cdot \tan \alpha$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho \cdot a \cdot (h_1 + h_2)$$

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

$$a = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{0,12 \text{ м} - 0,08 \text{ м}}{0,12 \text{ м} + 0,08 \text{ м}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{2}{10} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Для решения второго пункта задачи скажем, что из-за отсутствия ускорения система отсчёта трубы стала инерционной. В таком случае от скорости трубы не зависит ϑ , а значит можно размаркивать задачу с покоящейся трубой.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем ЗСЭ

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

m_1 — масса
жидкости в левом
конце трубки сразу после
внезапного ускорения

m_2 — в правом.

Очевидно, что максимальная
скорость жидкости относительно трубки
достигается в момент равенства
высот ~~жидкости~~ жидкости в правом и левом
концах.

Для этого момента
мы и пишем ЗСЭ.

А теперь заметим, что из-за однородности жидкости
и ~~жидкости~~ высоты трубки относительно h_1 и h_2
можно записать такие соотношения:

$$\frac{m_1}{h_1} = \frac{m_2}{h_2}$$

Тогда:

$$m_1 g h_1 + \frac{m_1 g h_2^2}{h_1} = \frac{m_1 (1 + \frac{h_2}{h_1}) (h_1 + h_2) g}{2} + m_1 (1 + \frac{h_2}{h_1}) \frac{v^2}{2}$$

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

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

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

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

$$v = \sqrt{\frac{(0,12 \text{ м} - 0,08 \text{ м})^2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot (0,12 \text{ м} + 0,08 \text{ м})}} = \sqrt{\frac{0,04 \text{ м} \cdot 0,04 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 0,2 \text{ м}}} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 0,04 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{0,4}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $a = 2 \frac{м}{с^2}$; $v = 0,2 \frac{м}{с}$
5.

Дано:

$$T = 95^\circ = 368 K$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 Pa$$

$$\rho = 1 \frac{г}{см^3} = 1000 \frac{кг}{м^3}$$

$$\mu = 18 \frac{г}{моль} = 0,018 \frac{кг}{моль}$$

$k_1, k_2 - ?$

$$\begin{cases} p V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT \\ p V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT \end{cases}$$

$$V_0 = 4,7 V_1$$

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} = \frac{\rho \mu}{RT}$$

$$k_1 = \frac{\rho_0}{\rho} = \frac{\rho \mu}{\rho RT}$$

$$k_1 = \frac{8,5 \cdot 10^4 Pa \cdot 18 \frac{кг}{моль} \cdot 10^{-3}}{1000 \frac{кг}{м^3} \cdot 8,31 \frac{Па \cdot м^3}{К \cdot моль} \cdot 368 K} =$$

$$= \frac{8,5 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \cdot 10^{-2} \approx \frac{18}{368} \cdot 10^{-2} \approx 0,049 \cdot 10^{-2}$$

$$\approx 5 \cdot 10^{-4}$$

$$k_2 = \frac{V_1}{m_0 - m_1} = \frac{V_1 \rho}{m_0 - m_1} =$$

$$= \frac{V_1 \rho}{3,7 m_1} = \frac{\rho RT}{3,7 \mu}$$

$$k_2 = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 368}{3,7 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = \frac{8,31 \cdot 368}{3,7 \cdot 8,5 \cdot 18} \cdot 10^2 \approx \frac{368}{66,6} \cdot 10^2 \approx$$

$$\approx 5,53 \cdot 10^2$$

Ответ: $k_1 = 5 \cdot 10^{-4}$; $k_2 = 5,53 \cdot 10^2$

k_1 - отношение
плотности пара к плотнос-
ти воды.

k_2 - отношение объема
пара к объему воды к
длинам момента.

V_0 - объем пара
в начальный момент
времени

m_0 - масса пара
в начальный момент
времени.

V_1 - объем пара
после
уменьшения в 4,7 раза

m_{01} - масса пара
в этот момент

ρ_0 - плотность пара

3.

Дано:

 α m R L $T_0, T - ?$

$$mg \cdot \cos \alpha = N$$

$$mg \cdot \sin \alpha = T_0$$

$$\begin{cases} a = \omega^2(R+L) \cos \alpha \\ T - mg \sin \alpha = ma \end{cases}$$

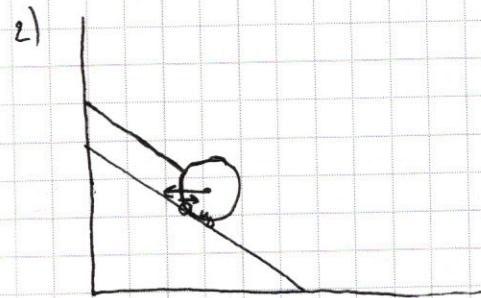
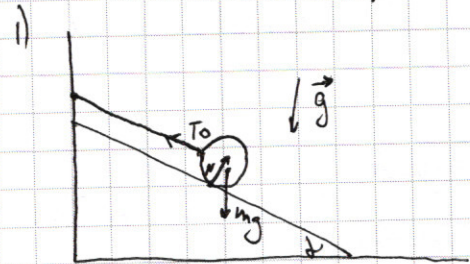
$$T = m(g \sin \alpha + a)$$

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

$$\text{Ответ: } T_0 = mg \sin \alpha$$

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

T_0 - сила
натяжения нити, если
система покоится.
 T - если вращается



a_y - центростремительное
ускорение
шара.

2

Дано:

 S m $M = 5m$ μ F $N, F_0, v - ?$

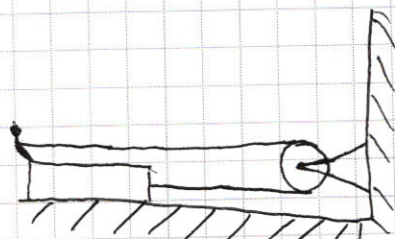
Канаты горизонтальны,
а следовательно, на
давление на пол влияния не будут.

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

В таком случае

$$F_{тр} = \mu N = 6\mu mg$$

Заметим, что горизонтальная составляющая силы взаимодействия человека и ящика равна по модулю силе натяжения каната



N - сила
давления ящика
на и сцепления на
пол.

v - скорость,
достигаемая ящиком
при приложении
силы F к канату
явления

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Следовательно, $2T = 2F_0 = F_{\text{тр}} = 6 \text{ мдм}$

$$F_0 = 3 \text{ мдм}$$

$$\begin{cases} 2F - 6 \text{ мдм} = 6ma \\ S = \frac{at^2}{2} \\ at = v \end{cases}$$

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

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

$$S = \frac{3v^2 m}{F - 3mg}$$

$$v^2 = \frac{S(F - 3mg)}{3m}$$

$$v = \sqrt{\frac{S(F - 3mg)}{3m}}$$

Ответ:

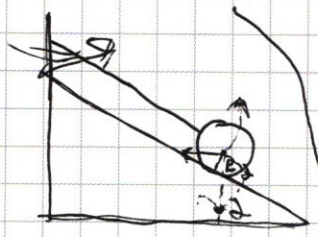
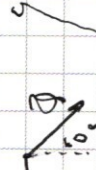
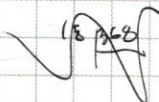
$$N = 6 \text{ мдм}$$

$$F_0 = 3 \text{ мдм}$$

$$v = \sqrt{\frac{S(F - 3mg)}{3m}}$$

T - сила
натяжения
канатаa - ускорение
лифтаt - время, за
которое лифт
проедет на S

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_0 - \mu \omega^2 (R + \Delta) \cos \alpha = T \cos \alpha$$

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

$$T = mg \sin \alpha - \omega^2 (R + \Delta) \cos \alpha$$

$$v_0 \sin 60^\circ - gt = 2,5 v_0 \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{24}}{5} = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

$$2,5 \cdot \sin \alpha \cdot v_0 = \sqrt{6} v_0$$

$$gt = v_0 (\sin 60^\circ + 2,5 \sin \alpha) = v_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right)$$

$$S = v_0 \cos 60^\circ t = \frac{v_0^2 \cos 60^\circ (\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6})}{g}$$

$$1) 6mg = N$$

$$2) F_0 = 6mg \mu$$

$$3) F - 6mg \mu = 6ma$$

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

$$at = v$$

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

$$v = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$v = \sqrt{\frac{12,5 \text{ м}}{F - 6mg \mu}}$$

$$K_1 = \frac{3,8 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \text{ см}}{3,7 \cdot 368 \text{ К}} = \frac{180}{368} \cdot 10^4 = \frac{pRT}{3,7 p_{\text{н.н.}} \mu}$$

$$p_{\text{н.н.}} V = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$p_{\text{н.н.}} V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$4,7 V_1 = V_0$$

$$m_1 = 4,7 m_0$$

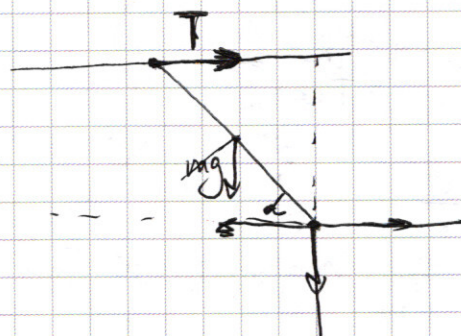
$$K_2 = \frac{V_1 p}{m_0 - m_1} = \frac{V_0 p}{4,7 (m_0 - m_1)}$$

$$= \frac{V_0 p RT}{4,7 p_{\text{н.н.}} \mu (V_0 - V_1)} = \frac{V_1 p RT}{p_{\text{н.н.}} \mu \cdot 3,7 V_1}$$

$$= \frac{1800/368}{1420,4}$$

20

$$\begin{array}{r} 2 \\ 5 \\ \times 12 \\ 3,7 \\ \hline 126 \\ 54 \\ \hline 66,6 \end{array}$$



☒ черновик ☐ чистовик.
(Поставьте галочку в нужном поле)

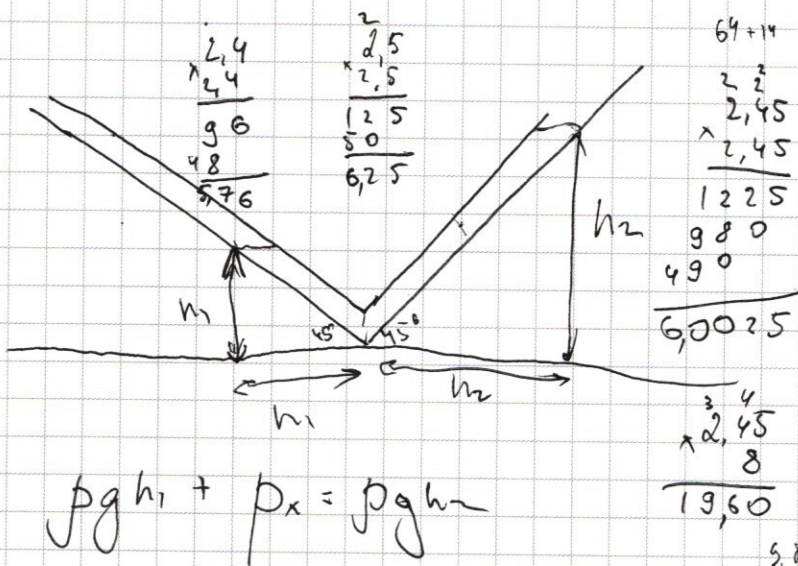
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$ma = \rho S$$

$$\rho S ha = \rho S$$

$$\rho = \rho ha$$

$$\begin{array}{r} 1,5 \\ 4 \\ \times 1,7 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \\ 532 \\ \times 1,75 \\ \hline 875 \\ 1225 \\ 175 \\ \hline 30625 \end{array}$$



$$\rho g h_1 + \rho x = \rho g h_2$$

$$\rho x = \rho a(h_1 + h_2) \tan 45^\circ$$

$$\tan 45^\circ a(h_1 + h_2) = g(h_2 - h_1)$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{(h_1 + h_2) \tan 45^\circ} = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$F = \rho g(h_2 - h_1) S$$

$$\cancel{a} F =$$

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

$$v^2 = 10 \cdot (10 \cdot 10^{-2} + \frac{10^{-4} \cdot (64 + 144)}{20 \cdot 10^{-2}})$$

$$= 1 + 10^{-4} \cdot (32 + 72) = 1 + 1,04 \cdot 10^{-2} = 1,0104 \frac{m^2}{s^2}$$

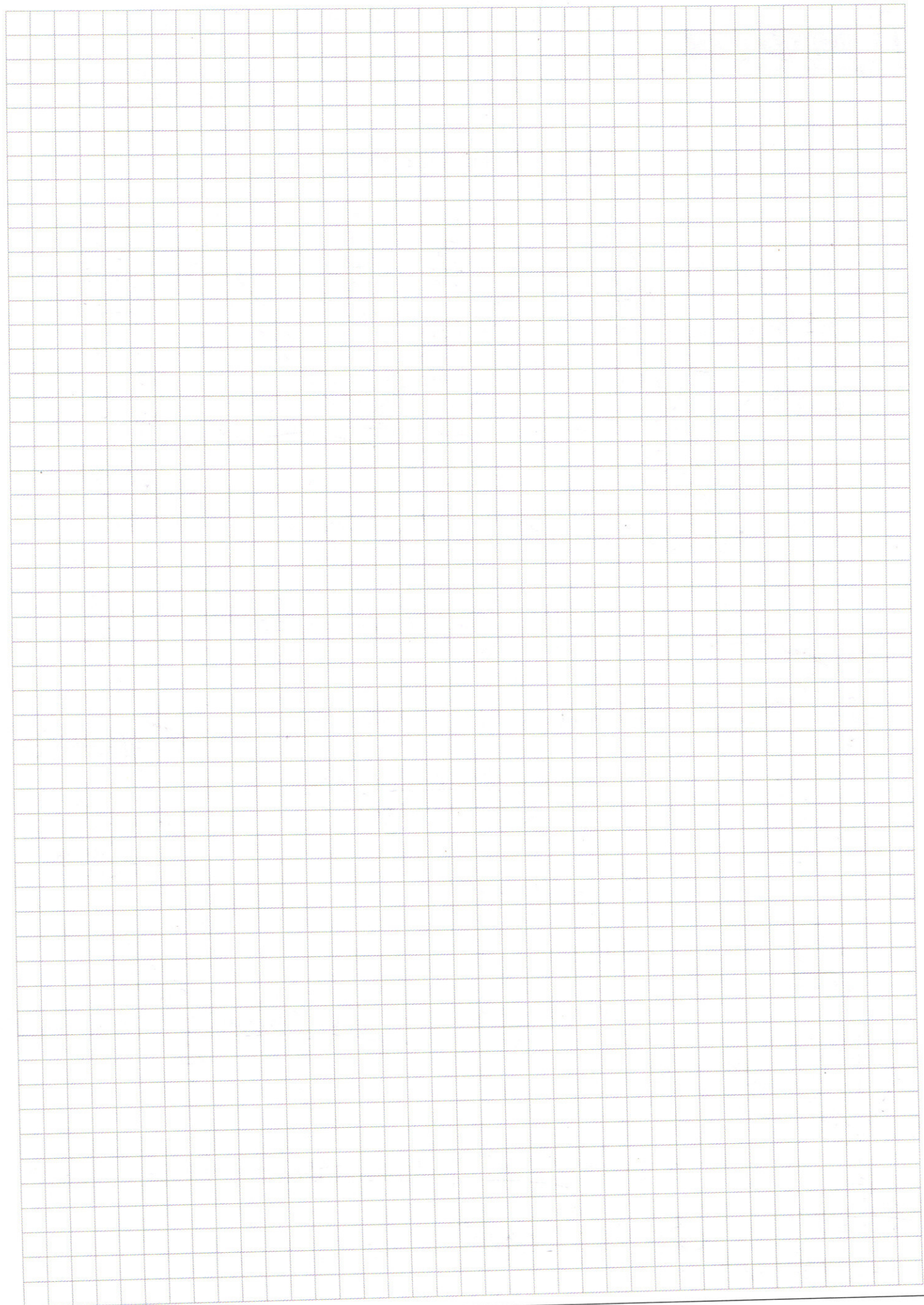
$$\frac{m_1 g h_1}{2} + \frac{m_2 g h_2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) g (h_1 + h_2)}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$m_1 g h_1 + \frac{m_1 g h_2^2}{h_1} = \frac{m_1 g (1 + \frac{h_2}{h_1})(h_1 + h_2)}{2} + m_1 (1 + \frac{h_2}{h_1}) v^2$$

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

$$\frac{0,04 \cdot 10}{2 \cdot 0,2} = 0,04 \frac{m^2}{s^2} = 0,2 \frac{m}{s^2}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)