

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

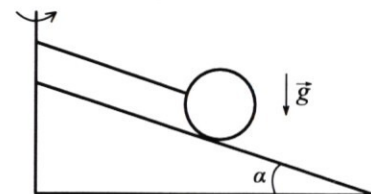
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

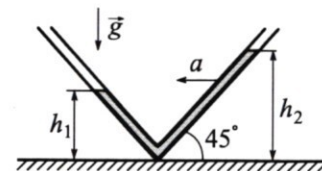


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

ДАНО:

$v_0 = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\alpha = 30^\circ$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1) $v_y = ?$

2) $t = ?$

3) $h = ?$

7) ЗАПОМНИМ, ЧТО ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ КОМПОНЕНТА СКОРОСТИ НЕ ИЗМЕНИЛАСЬ.

$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ (Y: $v_0 \cos \alpha = v_x$ ($v_k = 2v_0$ - конечная скорость))

2) $v_k^2 = v_y^2 + v_x^2$ (по Т. Пифагора)

$(2v_0)^2 = v_y^2 + (v_0 \cos \alpha)^2$ (Z: $4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha = v_y^2$)

$v_y = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 70 \cdot \sqrt{4 - \cos^2 30^\circ} =$

$= 70 \cdot \sqrt{4 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 70 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 70 \cdot \sqrt{\frac{13}{4}} = \frac{70}{2} \cdot \sqrt{13} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\approx 5 \cdot 3,6 = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g}t$

(Y: $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$)

$t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{g} = \frac{70 \sin 30^\circ + 18}{10} = \frac{5 + 18}{10} = 2,3 \text{ с.}$

4) $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$

(Y: $-h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$)

$h = \frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t = \frac{10 \cdot 2,3^2}{2} - 70 \cdot \sin 30^\circ \cdot 2,3 = 5 \cdot 2,3^2 - 5 \cdot 2,3 =$

$= 5 \cdot 2,3 \cdot 7,3 \approx 75 \text{ м}$

Дано:

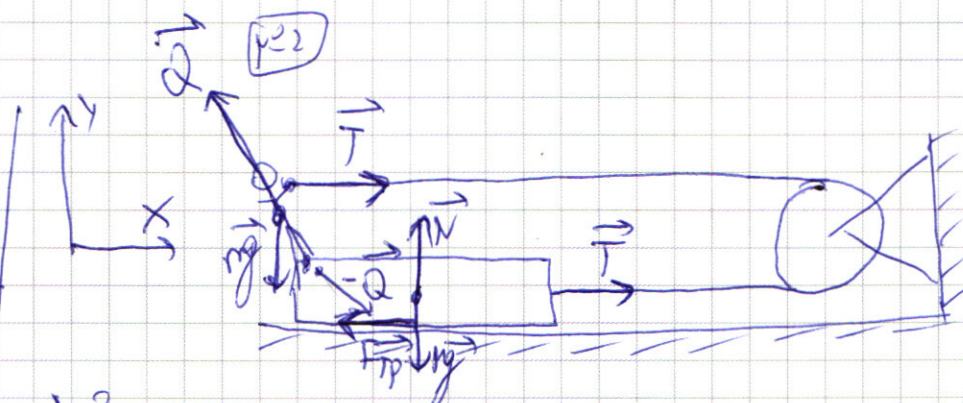
$$M=2m$$

m

1) $F_g = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $F_{тр}$
 $t = ?$



1) Запишем силы, действующие на систему „ $m+m$ ”

(„человек + ящик”) В проекции на ось y : $N = Mg + mg =$
 $= 2mg + mg = 3mg = F_g$ из III закона Ньютона.

2) Пусть Q — сила, с которой человек действует на ящик и наоборот ящик на человека, что одно и то же из III закона Ньютона.

• Пусть N — сила реакции опоры (со стороны) пола на ящик.

• $F_{тр}$ — сила трения, действующая на ящик. Сразу отмечу, что не стоит придирается к точкам приложения, так как правило моментов я не пользуюсь, то нас интересуют только ~~модули~~ модули сил и их направления.

• Учти не забыл, T — сила натяжения нити. Так как нить „идеальная”, то сила натяжения, действующая на человека по модулю равна силе натяжения, действующей на ящик. Одна нить — одно натяжение.

3) При минимальной силе F_0 ускорение будет отсутствовать, поэтому запишем условие равновесия ~~системы~~ системы „ящик + человек” в проекции на ось x : $F_{тр} = 2T$. Так как ~~сила Q — внутренняя~~ сила Q — внутренняя.

4) Заметим, что сила N и сила F_g — равны по модулю из III закона Ньютона, что раньше говорилось, поэтому:

$$F_{тр} = Mg = M \cdot 3mg$$

5) $F_{тр} = 2T = 3Mmg \Rightarrow T = \frac{3}{2}Mmg = F_0$ — в авторских обозначениях
 F_0 — это T .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

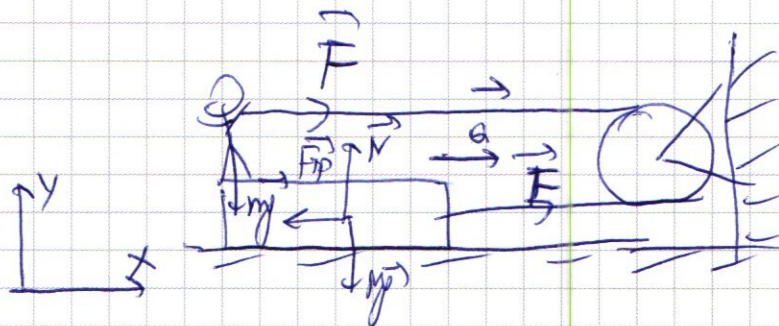
6) Запишем II закон Ньютона в случае движения с ускорением. Силы на систему «человек + ящик»:

В проекции на ось X:

$$2F - F_{тр} = (m + m)a$$

В проекции на ось Y:

$$N = mg + Mg = 3mg$$



В итоге: $F_{тр} = N = 3mg \Rightarrow 2F - F_{тр} = (m + m)a = 3ma$

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

7) Теперь запишем:

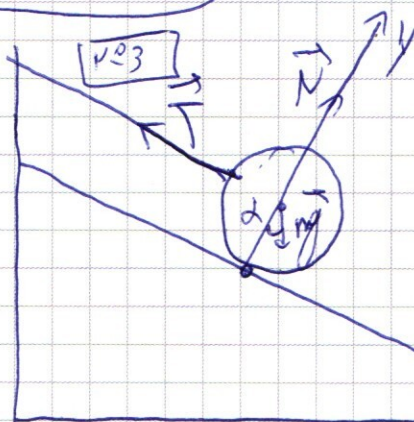
$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3mg}}$$

Так как $F > F_0$, то знаменатель больше 0.

Так как начальная скорость 0, перемещение в проекции на ось X равно этому

Зано:

$$\begin{array}{l} R, m, \alpha, L \\ 1) F_g = ? \\ 2) m, F_g = ? \end{array}$$



ⓐ Опять же, уравнение моментов я не использую, поэтому точки приложения обозначены примерно. Скажем так, что все силы проходят через центр шара, так как $N \perp$ поверхности. А раз так, как разл. касательной, значит в силу правила моментов относительно центра шара T тоже проходит через центр шара.

1) Условие равновесия шара в первом случае:

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

$$\textcircled{y}: 0 + N - mg \cos \alpha = 0$$

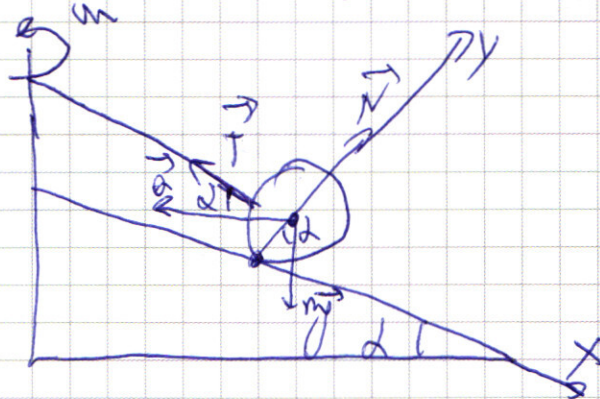
$$N = mg \cos \alpha = T_g \text{ - по II закону Ньютона сила, с которой}$$

Шар действует на клин равная сила, с которой клин действует на шар.

2) Зависит II закон Ньютона

во-вторых случае:

а) $\vec{N} \perp$ поверхности клина, поэтому $\vec{N}$ проходит через центр шара, так как касательная перпендикулярна радиусу в точке касания.



Это было показано ранее. Аналогично, шар однородный поэтому сила тяжести и ускорение проходят через центр шара. Так условие моментов относительно центра шара будет таким, что $-m\vec{a}$, $m\vec{g}$, $\vec{N}$ проходят через центр шара, значит их момент нулевой, значит момент силы $\vec{T}$ нулевой, значит она проходит через центр шара, значит нить делится в центр шара, поэтому расстояние от центра шара до оси вращения $d = (L+R)\cos\alpha$. Поэтому $a = \omega^2 d = \omega^2 (L+R)\cos\alpha$

б) Тогда второй закон Ньютона примет вид:

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

① $-T + mg \sin\alpha = -ma \cos\alpha$ ~~$-T + mg \sin\alpha = -ma \cos\alpha$~~

② $0 - mg \cos\alpha + N = ma \sin\alpha$

③ ~~$mg \cos\alpha + mg \sin\alpha = -ma \cos\alpha$~~ $N = m(g \cos\alpha - a \sin\alpha) =$
 ~~$mg \cos\alpha + mg \cos\alpha - ma \sin\alpha$~~ $= m(g \cos\alpha - \omega^2 d \sin\alpha) =$
 ~~$mg \cos\alpha + mg \cos\alpha - ma \sin\alpha$~~ $= m(g \cos\alpha - \omega^2 (L+R) \cos\alpha \sin\alpha) =$
 $= m \cos\alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin\alpha) = Fg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{3} = 3,6$$

$$\begin{array}{r} 436 \\ \times 36 \\ \hline 2616 \\ + 13080 \\ \hline 15768 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ \times 5 \\ \hline 180 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x \ 2,3 \\ \underline{ 5} \\ 115 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 77,5 \\ 7,3 \\ \hline \end{array}$$

$$p = \frac{p_k}{2} = \frac{1995}{2} = 997,5$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad p = \frac{pRT}{\mu} \quad p = \frac{p\mu}{RT}$$

$$p = \frac{P}{n} R T$$

$$7,55 \cdot 78$$

$$\times \begin{array}{r} 3,55 \\ 28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21,30131 \\ - 76620,0256 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} 2.137 = \\ 1662 \end{array}$$

8,37

$$\begin{array}{r} 4680 \\ - 4155 \\ \hline 5250 \end{array}$$

$$8.5 = 40$$

$$\begin{array}{r} 4231 \\ \times 5 \\ \hline 21155 \end{array}$$

5250
44 86

$$\begin{array}{r} 8M + 4755 \\ 637 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$\frac{7}{240} \approx$$

$$\frac{10^3}{0,026(5,6-1)} = \frac{10^3}{0,026 \cdot 4,6}$$

$$p_{\text{leg}} = \frac{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{6,37 \cdot 300} \approx 7$$

$$\begin{array}{r} 355 \cdot 10^3 \cdot 78 \cdot 10^3 \\ \hline 8,37300 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{10^3}{10^{-3} \cdot 26 \cdot 4 \cdot 10^{-7}}$$

$$\rho = \frac{p_{\text{Hg}}}{29 \cdot 10^2} \cdot 7,5578 = \frac{3,5578}{2900} = \frac{639}{2900}$$

$$= \frac{10^7}{26.46} = \frac{10^7}{7.796 \cdot 10^3} =$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ + 48 \\ \hline + 156 \\ 104 \\ \hline 1186 \end{array}$$

$$\frac{70^4}{7,2} = \frac{70^5}{7,2} = \frac{25 \cdot 5^3}{2^2 \cdot 3} = \frac{2^3 \cdot 5^5}{3}$$

$$\frac{837}{21,3} = \frac{8370}{213}$$

$$\begin{array}{r} 25 \overline{) 2513} \\ \underline{20} \\ 51 \\ \underline{50} \\ 13 \\ \underline{10} \\ 30 \\ \underline{25} \\ 50 \\ \underline{50} \\ 0 \end{array}$$

$$= \frac{25000}{3} = 8320$$

$$\frac{24000}{3} = 8000$$

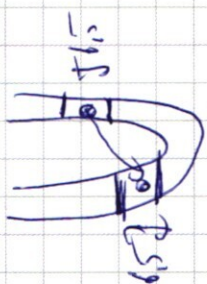
$$\frac{m}{M} = \frac{(n_2 - n_1)}{2(n_1 + n_2)}$$

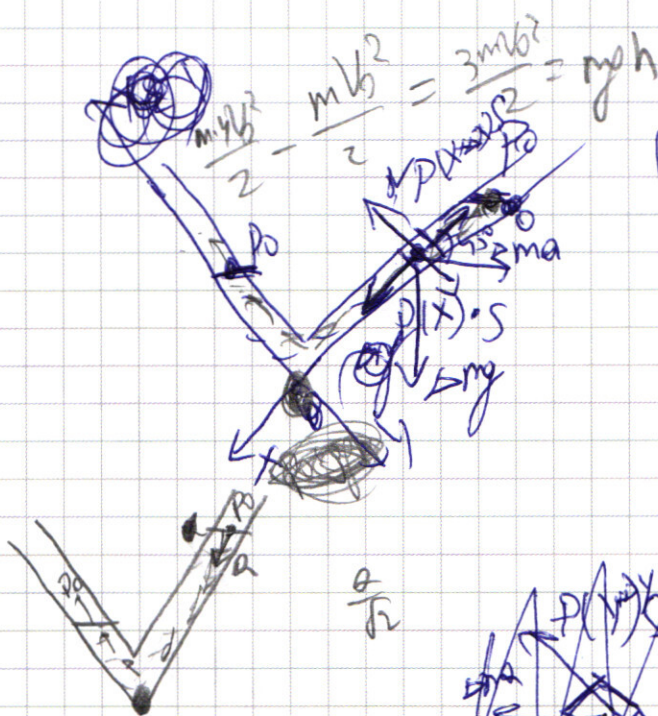
$$\frac{8370}{273 \cdot 4,6} \quad 0,73^2 = 168 \cdot 10^{-4} = \frac{70 + 7278}{852} = 979,6$$

$$\frac{8370}{900} = \frac{837}{90} \approx 9,3$$

$$\frac{0,1768}{2 \cdot 0,33} = \frac{0,1768 \cdot 3}{2} = \frac{0,5304}{2} = 0,2652$$

6,5

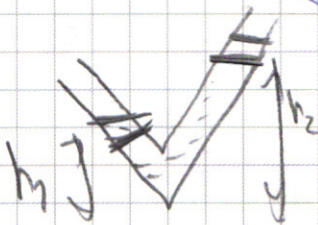




$$h = \frac{3 v^2}{2 g} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = \frac{10 \cdot 3}{2} = 15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} (p(x) - p_0) S &= \Delta m a \\ \Delta p S &= \Delta m a \\ \Delta p &= \frac{\Delta m a}{S} \\ p(x) &= p_0 + \frac{\Delta m a}{S} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p - \text{мн,} \\ \text{плотность,} &= p_0 + \frac{\Delta p}{\sqrt{2} S_1} = p_0 + \frac{h \rho}{5} \\ \text{eye } \Delta m g, &0,13^2 = 168 \cdot 10^{-7} \\ &168 \cdot 10^{-7} \cdot 3 = \frac{7 \cdot 10}{2} \cdot 10^{-7} = 205 \cdot 10^{-7} \\ \Delta p &= \frac{\Delta m a}{S \sqrt{2}} = \frac{\Delta y \cdot a \rho}{5 \sqrt{2}} = 9 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$



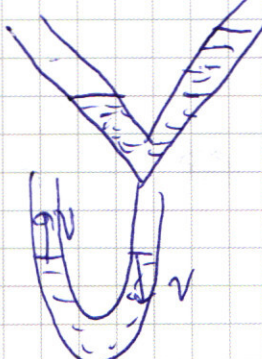
$$\begin{array}{r} 30 \overline{) 28} \\ 28 \overline{) 4285} \end{array} \approx 4,3$$



$$\frac{74}{6} = \frac{7}{3} \quad \frac{60}{56} = \frac{15}{14}$$

$$\begin{array}{r} 2,3 \overline{) 2,3} \\ 69 \overline{) 1125} \end{array} \quad 5,29$$

$$\begin{aligned} p(y) &= p_0 \sqrt{0,052} = 205 \\ \frac{70}{6} \overline{) 23,3} &= 0,1 \cdot \sqrt{3} \\ \frac{70}{9} \overline{) 70} &= 2,3 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &+ 450 \\ &2,25 \\ &1125 \\ &+ 450 \\ &1575 = p(2 h_2) \\ &p_0 + \frac{p(2 h_2)}{\sqrt{2}} = \dots \end{aligned}$$

$$h_1(g + a) = h_2(g - a)$$



$$\begin{array}{r} 73 \overline{) 73} \\ 768 \overline{) 507} \end{array}$$

$$507 \cdot 10^{-7}$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{0,13^2}{0,33} \cdot 70} = \\ &= \sqrt{0,13^2 \cdot 70} = \\ &= \sqrt{10 \cdot 168 \cdot 70} = \sqrt{1007} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K} = \text{const}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$V \downarrow$

$$1) \frac{P_n}{P} = ?$$

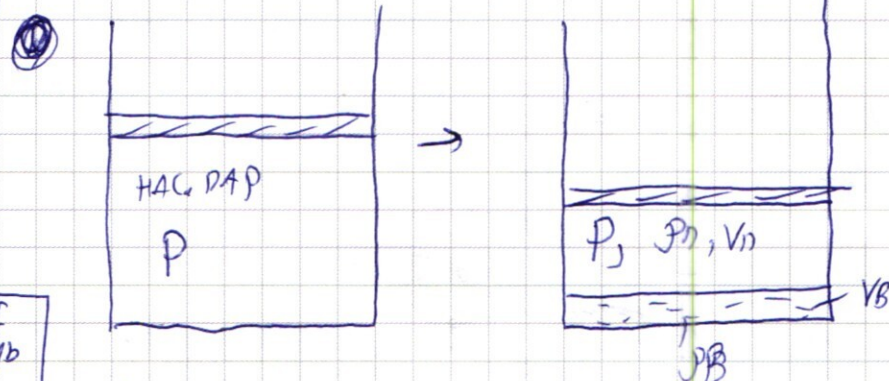
$$P_B = 7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$M = 70 \frac{\text{г}}{1043} = 70 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$2) \gamma = 5,6 \text{ раз}$$

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

обозначим в изохоре „В“ — вода, „П“ — пар

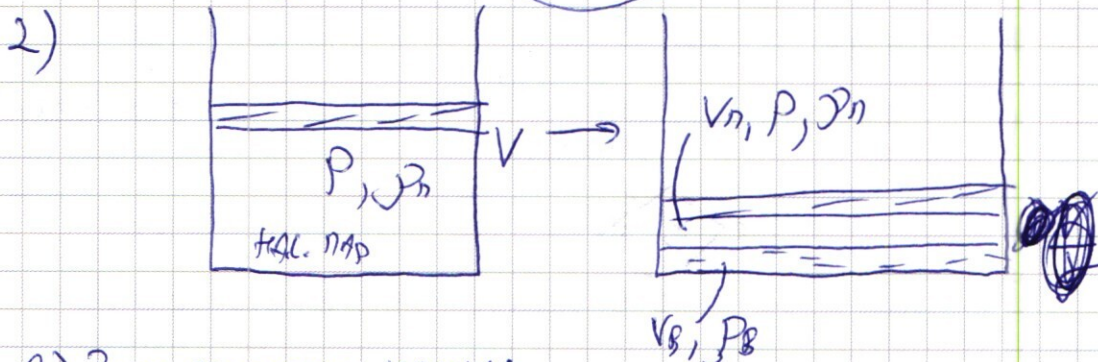


1) В любой момент времени $\uparrow$ закон Менделеева-Клайперона для пара:

$P V_n = \frac{m_n}{M_0} R T$. Так как вода появилась вода, а $T = \text{const}$, то давление пара не изменилось.

$$P = \frac{m_n}{V_n} \cdot \frac{R T}{M_0} = P_n \cdot \frac{R T}{M_0} \Rightarrow P_n = \frac{P \cdot M_0}{R T} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 70 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = \frac{63,9}{831,3} \approx 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\text{тогда } \frac{P_n}{P_B} = \frac{0,026}{70^3} = 2,6 \cdot 10^{-5}$$



2) Закон сохранения массы:

$$P_n \cdot V = P_n \cdot V_n + P_B \cdot V_B$$

$$\cancel{P_n \cdot V = P_n \cdot V_n + P_B \cdot V_B} \quad \text{d) } V_n = \frac{V}{\gamma} \Rightarrow V = V_n \gamma$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

• Пусть ось X направлена вдоль правой трубки, а координата верха масла — 0. ~~Введём~~ Введём зависимость $p(X)$ — давление в координате X . Тогда $p(0) = p_0$.

• Значит на выделенный кусочек будет действовать от верхнего столбца масла сила давления $p(X) \cdot S$, а от нижнего $p(X+\Delta X) \cdot S$. Также кусочек имеет ускорение a направленное влево. Конечно, на кусочек ещё действуют силы со стороны стенок сосуда, но мы их обозначать не будем, так как эти силы перпендикулярны оси X , на которую мы собираемся проецировать. (из условия трение пренебрежимо мало). Тогда второй закон Ньютона в проекции на ось X :

$$p(X) \cdot S - p(X+\Delta X) \cdot S + \Delta m g \cdot \cos 45^\circ = \Delta m a \cdot \cos 45^\circ$$

$$S(p(X) - p(X+\Delta X)) + \frac{\Delta m g}{\sqrt{2}} = \frac{\Delta m a}{\sqrt{2}}$$

$$(p(X+\Delta X) - p(X)) \cdot S + \frac{\Delta m g}{\sqrt{2}} = \frac{\Delta m a}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta p S = \frac{\Delta m}{\sqrt{2}} (g - a)$$

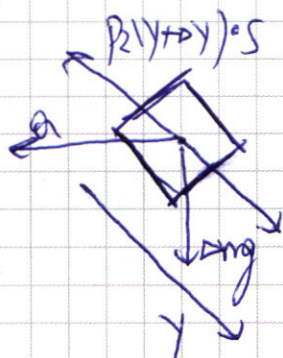
$$\Delta p = \frac{\Delta m}{\sqrt{2} S} (g - a)$$

Тогда зависимость простым интегрированием или же суммированием, что это и есть по сути получаем:

$$p(X) = p_0 + \frac{\rho}{\sqrt{2} S} (g - a) X = p_0 + \frac{\rho a (g - a)}{\sqrt{2}}$$

где ρ — ~~плотность~~ плотность масла.

2) Проведем всё тоже самое для левой части трубки. Возьмем ось Y, тогда второй закон Ньютона в проекции на эту ось:



$$(p_2(0) = p_0)$$

$$p_2(y) \cdot S \sin 45^\circ - p_2(y+a) \cdot S = -ma \cdot \sin 45^\circ$$

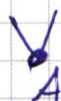
$$\underbrace{(p_2(y) - p_2(y+a))}_{-\Delta p_2} \cdot S = \Delta m(g+a) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta p_2 \cdot S = \frac{\Delta m(g+a)}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta p_2 = \frac{\Delta m(g+a)}{\sqrt{2}S}$$

$$p_2(y) = p_0 + \frac{m(g+a)}{\sqrt{2}S} = p_0 + \frac{\rho y(g+a)}{\sqrt{2}}$$

3) Теперь запишем чему равно давление в самой нижней точке



В точке A — точка пересечения осей X и Y.

а) (с одной стороны): $p_2\left(\frac{\rho h_2}{\sqrt{2}}\right) = p_0 + \frac{\rho \cdot h_2(g+a)}{\sqrt{2}}$

б) (с другой стороны): $p_2\left(\frac{\rho h_1}{\sqrt{2}}\right) = p_0 + \frac{\rho h_1(g+a)}{\sqrt{2}}$

в) $p_0 + \frac{\rho h_2(g+a)}{\sqrt{2}} = p_0 + \frac{\rho h_1(g+a)}{\sqrt{2}}$

$$h_2(g+a) = h_1(g+a)$$

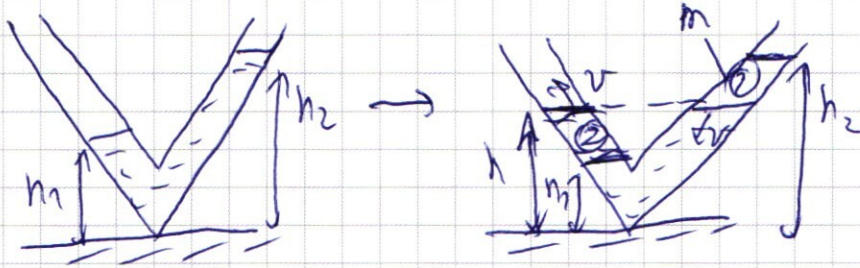
$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g+a}{g+a} = 0,7 \cdot \frac{70+4}{70+4} = 0,7 \cdot 1 = 0,7 \text{ м}$$

$$h_2 = 0,23 \text{ м} = 23 \text{ см}$$

4) Заметим, что в момент остановки (скорость жидкости и трубки равны), поэтому можно перейти в систему отсчета, связанную с трубкой (или в систему отсчета, связанную с жидкостью).

Также заметим, что применив закон сохранения энергии, так как на столб жидкости с одного открытого конца действует давление p_0 , так и с другого. (или взаимодействие жидкости со стенками сосуда все перпендикулярно, силы трения малы).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Изменение потенциальной энергии системы эквивалентно перемещению
кусочка жидкости ① в ②. Тогда:

$$mg \cdot \frac{h_2 + h_1}{2} - mg \cdot \frac{h_1 + h_1}{2} = \frac{Mv^2}{2}$$

$$mg(h_2 - h_1) = \frac{Mv^2}{2}$$

$$mg(h_2 - h_1) = \frac{2(h_2 + h_1)}{h_2 - h_1} \frac{Mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{g \cdot \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_2 + h_1)}} = \sqrt{10 \cdot \frac{(0,23 - 0,1)^2}{2(0,23 + 0,1)}} = 0,125 \text{ м/с}$$

$$v = 0,125 \text{ м/с}$$

M - масса всей жидкости

m - масса кусочка ①

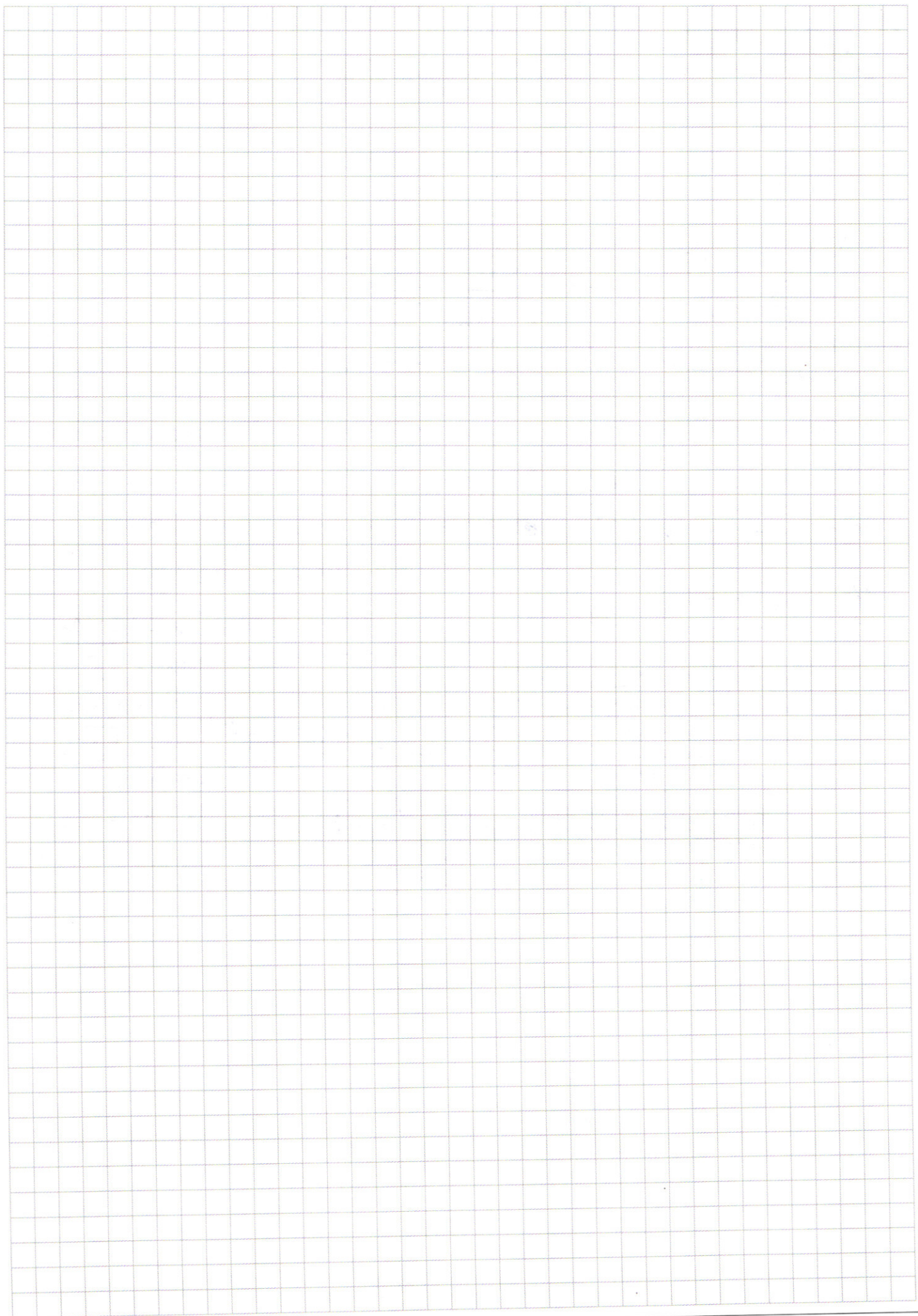
Помню, что $m \sim \frac{(h_2 - h_1)^2}{2}$

$M \sim h_2 + h_1$

$M = m \cdot \frac{2(h_2 + h_1)}{h_2 - h_1}$

$m \sim (h_2 - h_1)$

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



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)