

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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?

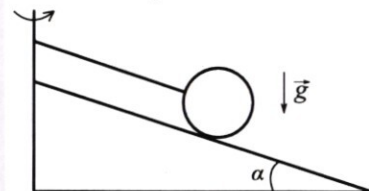
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

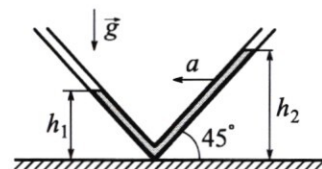


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

№1

Дано:

$$v_k = 2,5 v_0$$

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$1) v_y - ?$$

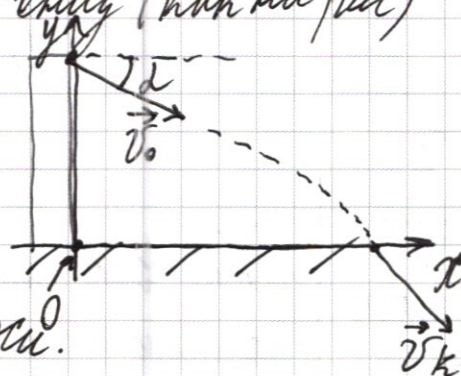
$$2) T - ?$$

$$3) L - ?$$

Решение:

Поскольку по условию камень бросили так, что он все время прижимался к земле, то его бросили вниз (как на рис)

Введем декартову систему координат (как на рисунке)



Рассмотрим движение камня на осн.

Ох:

$$x(t) = 0 + v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$Oy: y(t) = h - v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$v_k = \sqrt{v_{yk}^2 + v_{xk}^2}, \quad v_{xk} = v_{x \text{ нач}} = v_0 \cdot \cos \alpha.$$

$$v_{yk} = v_{y \text{ нач}} + g t = v_0 \sin \alpha + g t.$$

$$2,5^2 v_0^2 = v_0^2 + 2 v_0 \sin \alpha g t + g^2 t^2$$

$$2,5^2 v_0^2 = v_{yk}^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$v_{yk} = v_0 \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} = 8 \sqrt{6,25 - 0,25} \text{ м/с} = 8 \sqrt{6} \text{ м/с} \approx 20 \text{ м/с}$$

$$v_{yk} = v_{y \text{ нач}} + g T = v_0 \sin \alpha + g T \Rightarrow T = \frac{v_{yk} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = \frac{8 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} \text{ с}$$

$$T \approx \frac{4}{5} (2,45 - \frac{1,7}{2}) c \approx \frac{2,8 - 0,85}{5} c \approx \frac{1,95}{5} c \approx 1,28 c$$

горизонтальное смещение:

$$x(T) - x(0) = v_0 \cos 2 \cdot T = \frac{v_0 \cos 2 (2,5^2 - \cos^2 2 - \sin^2 2)}{g} = \frac{1}{2} \cdot 1,28 \cdot 8 \text{ м} = \frac{10,24 \text{ м}}{2} \approx 5,12 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_{yK} = v_0 \sqrt{2,5^2 - \cos^2 2} \approx 20 \text{ м/с}$

2) $T = \frac{v_0 (\sqrt{2,5^2 - \cos^2 2} - \sin 2)}{g} \approx 1,28 \text{ с}$

3) $L_1 = \frac{v_0^2 (\sqrt{2,5^2 - \cos^2 2} - \sin 2) \cos 2}{g} \approx \frac{10,24 \text{ м}}{2} \approx 5,12 \text{ м}$

№2

Дано:

$M = 5 \text{ т}$

m

S

μ_F

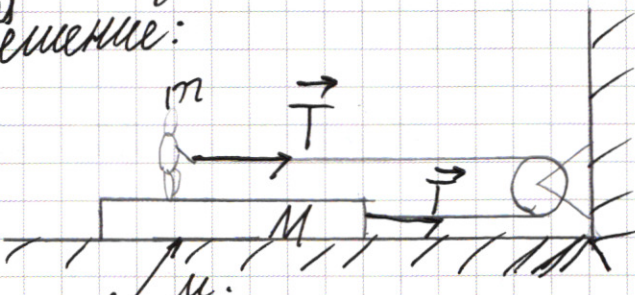
1) $P = ?$

2) $F_{\text{тр}} = ?$

3) $v = ?$

Решение:

Поскольку канат горизонтален, то он не содействует человеку или грузу вертикали, а значит единственные силы действующие на груз и человека: притяжение земли и нормальная реакция опоры.



Запишем 2 закона Ньютона для человека в проекции на вертикальную ось.

$$m a = m g - N_1 ; a = 0 ; m g = N_1$$

Для груза:

$$M a' = M g + N_1 - N_2 ; a' = 0 ; M g + N_1 = N_2 =$$

N_2 по 3 закону Ньютона равна по модулю весу человека с ящиком. $\Rightarrow P = N_2 = \boxed{6 m g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

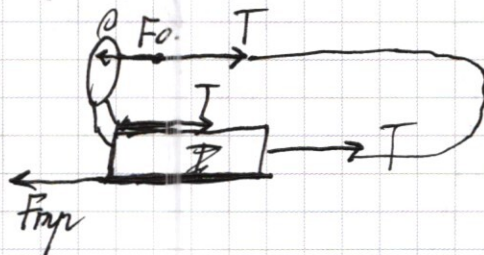
Если человек будет тянуть канат с силой F_0 , то канат будет натянут с $T = F_0$

Сила F_0 минимальна, значит движение будет равномерное, ведь на ускорение нужна дополнительная сила (а это уже не минимально).

$$2T = F_{\text{тр}} = 2F_0 \quad (M+m)a'' = 2T - F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = 6mg\mu$$

$$F_0 = 3mg\mu$$



Если человек будет действовать на канат с силой $F > F_0$, то движение будет ускоренным.

Для простоты получения ответа, используем ЗСЭ.

Пусть при передвижении к стене, к моменту, когда язычок пройдет S , у язычка и стержня на нем человека будет v .

$$\frac{(M+m)v^2}{2} = A$$

$$ma = F - F' \quad \text{сила на } m$$

$$5ma = F + F' - F_{\text{тр}}$$

$$dA = dl \cdot (2T - F_{\text{тр}}) = dl (2F - 6\mu mg) \Rightarrow$$

$$A = 2S(F - 3\mu mg)$$

$$v = \sqrt{\frac{4S(F - 3\mu mg)}{6mg}} = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3mg}}$$

Ответ:

1) $p = 6 \text{ mg}$

2) $F_0 = 3 \text{ mg}$

3) $v = \sqrt{\frac{2S(F - 3 \text{ mg})}{3 \text{ mg}}}$

✓ 3

Дано:

R

L

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

g

$1) T_1$

$2) T_2$

Решение:

По второму закону Ньютона для шара:

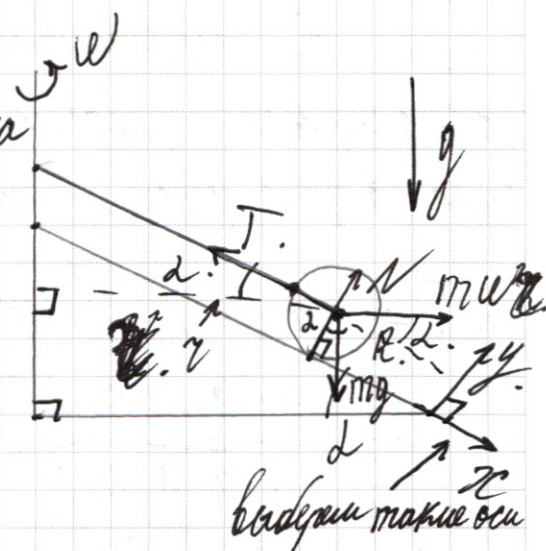
Ox:

$$mg \sin \alpha = T$$

Oy:

$$mg \cos \alpha = N$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$



Во втором случае добавляется (в со. связанной с шаром) сила инерции, в первом случае центробежная.

$$F_{\text{ин}} = m(L+R)\omega^2$$

Пренебрежем размерами, приравняем материальную точку.

По закону Ньютона:

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

$$Oy: mg \cos \alpha - m\omega^2(L+R) \sin \alpha = N$$

$$T_2 = m \cos (g \sin \alpha + \omega^2(L+R) \cos \alpha)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ:

1) $T_1 = mg \sin \alpha$

2) $T_2 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + R) \cos \alpha)$

✓ 4

Дано:

$L = \frac{3}{4}$

$h_1 = 8 \text{ см}$

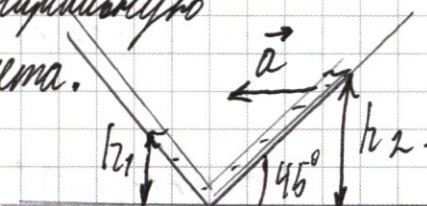
$h_2 = 12 \text{ см}$

1) $a = ?$

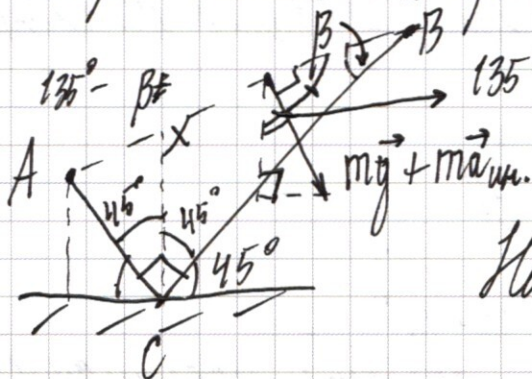
2) $v = ?$

Решение:
Перейдем в неинерциальную
систему отсчета.

которая
движется
ускорением a влево (к примеру трубки)



Поскольку жидкость перестала перетекать
внутри трубки, то ее поверхность имеет на своей
поверхности равную нулю. Внутри трубки, то она
достигла минимума потенциальной энергии, а значит
ее поверхность $\perp$ направлению действия сил.



Найдем β из

$$\tan(45^\circ - \beta) = \frac{a}{g}$$

$$AC = \frac{h_1}{\sin 45^\circ} ; BC = \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \Rightarrow \tan \beta = \frac{AC}{BC} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(45^\circ - \beta) &= \frac{a}{g} \Rightarrow a = g \operatorname{tg}(45^\circ - \beta) = g \cdot \frac{1 - \frac{h_2}{h_1}}{1 + \frac{h_2}{h_1}} \\ \operatorname{tg}(x-y) &= \frac{\sin(x-y)}{\cos(x-y)} = \frac{\sin x \cos y - \cos x \sin y}{\cos x \cos y + \sin x \sin y} = \\ &= \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y} \end{aligned}$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 10 \frac{12 - 8}{12 + 8} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{10}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

ископность будет ускоряться, пока есть разность давлений в камнях, а значит и действующая сила.

Пусть в тручке от ~~гор~~ масла, из-за неравномерности следует, что у каждой части масла модуль скорости одинаков.

$$\begin{aligned} m a &= (\rho g h_2' - \rho g h_1') \cdot S \\ m &= \rho \cdot \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \cdot S + \rho \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot S = \frac{\rho S}{\sin 45^\circ} (h_2 + h_1) \end{aligned}$$

$$a = \frac{\sin 45^\circ (h_2' - h_1')}{h_2 + h_1} g$$

$$h_2' + h_1' = h_1 + h_2 = \text{const}$$

Пусть за время dt ископность

сдвинется на dl .

$$a = \frac{\sin 45^\circ (h_1 + h_2 - 2h_1')}{h_2 + h_1} g$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{h_2 + h_2 - 2h_1'}{h_2 + h_1} g \sin 45^\circ$$

$$\int dv = \frac{g \sin 45^\circ}{h_2 + h_1} \int (h_1 + h_2 - 2h_1') dh_1$$

скорость максимальна, когда ускорение обращается в ноль. (примем, если $h_1 = h_2$)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = \frac{g \sin \alpha}{h_1 + h_2} \left((h_1 + h_2) h_1' - h_1'^2 \right)^{\frac{h_1 + h_2}{2}} = \frac{g \sin \alpha}{h_1 + h_2} \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} - \frac{(h_1 + h_2)^2}{4}$$

$$1 - (h_1 + h_2) h_1 + h_1^2 = g \sin \alpha \left(\frac{h_1 + h_2}{4} - h_1 + \frac{h_1^2}{h_1 + h_2} \right)$$

$$= \frac{g \sin \alpha}{h_1 + h_2} \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{4} + \frac{h_1 h_2}{2} - h_1^2 - h_1 + h_1^2 \right) =$$

$$= \frac{g \sin \alpha}{h_1 + h_2} \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{4} - \frac{h_1 h_2}{2} \right) = \frac{g \sin \alpha (h_1 - h_2)^2}{4(h_1 + h_2)}$$

Для системы равновесным положением является случай, где уровни в коленах равны. ~~значит~~ ^{скорость максимальна, когда система достигает}

Итак, что без трения ~~положение равно-~~ ^{положение равно-} ~~векторная энергия~~ масса перейдет ~~вектор~~.
Векторно к положению равновесия (если нулевую потенциальную считать именно это положение)

$$-\Delta E_p = \frac{m v^2}{2} \quad \text{где } m - \text{масса все}$$

$$E_1 = \frac{h_2}{2} m g + \frac{h_1}{2} m g$$

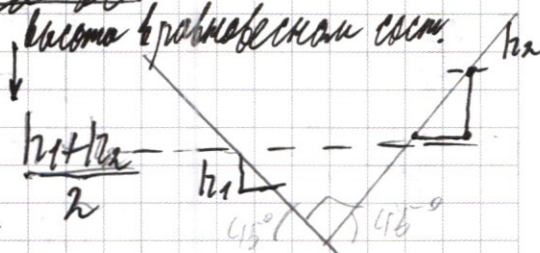
$$m_1 + m_2 = m$$

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

$$E_2 = \frac{(h_1 + h_2) m g}{2} \cdot 2 = (h_1 + h_2) m g$$

$$m_2 \left(\frac{h_1 + h_2}{h_2} \right) = m; \quad m_1 = \frac{m h_1}{h_1 + h_2}$$

$$E_1 = \frac{m (h_2^2 + h_1^2)}{2(h_1 + h_2)} g$$



$$-\Delta E = \frac{mv^2}{2} = E_1 - E_2.$$

$$mg \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} - \frac{h_1 + h_2}{4} \right) = mg \left(\frac{2h_1^2 + 2h_2^2 - h_1^2 - h_2^2 - 2h_1h_2}{4(h_1 + h_2)} \right) =$$

$$= \frac{(h_1 - h_2)^2}{4(h_1 + h_2)} mg.$$

$$v = \sqrt{\frac{(h_1 - h_2)^2}{2(h_1 + h_2)} g} = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1)g}{2(h_1 + h_2)}} = \frac{(12-8)\sqrt{10}}{\sqrt{2 \cdot 20}} =$$

$$= \frac{4}{2} = 2 \text{ м/с.}$$

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

2) $v = (h_2 - h_1) \cdot \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = 2 \text{ м/с.}$

✓5

Дано:

$t = 95^\circ \text{C}$

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$\gamma = 4,7$

$\rho = 1,2 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

1) $\frac{P_{\pi}}{P_0} = ?$

2) $\frac{V_{\pi}}{V_0} = ?$

Решение:

V - общий сосуд

V_{π} - общий пар

V_0 - общий водр.

$V_0 + V_{\pi} = V$; давление постоянно т.к. пар насыщ.

По ур м-к: $P \cdot V_0 = V_{\pi} RT$.

в начале опыта. $P V_0 = V_0 RT$.

$V_0 = V_{\pi} + V_0$ - закон сохранения массы.
 $m_0 = m_{\pi} + m_0$

$P \cdot V_{\pi} = V_{\pi} \cdot RT \cdot \gamma_{\pi}$

$P \cdot \mu = \gamma_{\pi} RT \Rightarrow \gamma_{\pi} = \text{const.}$

$\gamma_{\pi} \cdot V_{\pi} + \gamma_0 \cdot V_0 = \gamma_{\pi} \cdot V_0$ - начальный объем

$\frac{\gamma_{\pi}}{\gamma_0} = \frac{V_0 - V_{\pi}}{V_0}$

$\gamma_{\pi} = \frac{P \mu}{RT}$

считая воду почти
идеальной газом
всегда.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Итого: $\frac{P_{\pi}}{P_b} = \left[\frac{P_{\mu}}{RT \cdot P} \right] = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 18}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^{-2}} = \frac{8,5 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{8,3 \cdot 368} \approx$
 $\approx 5 \cdot 10^{-4}$

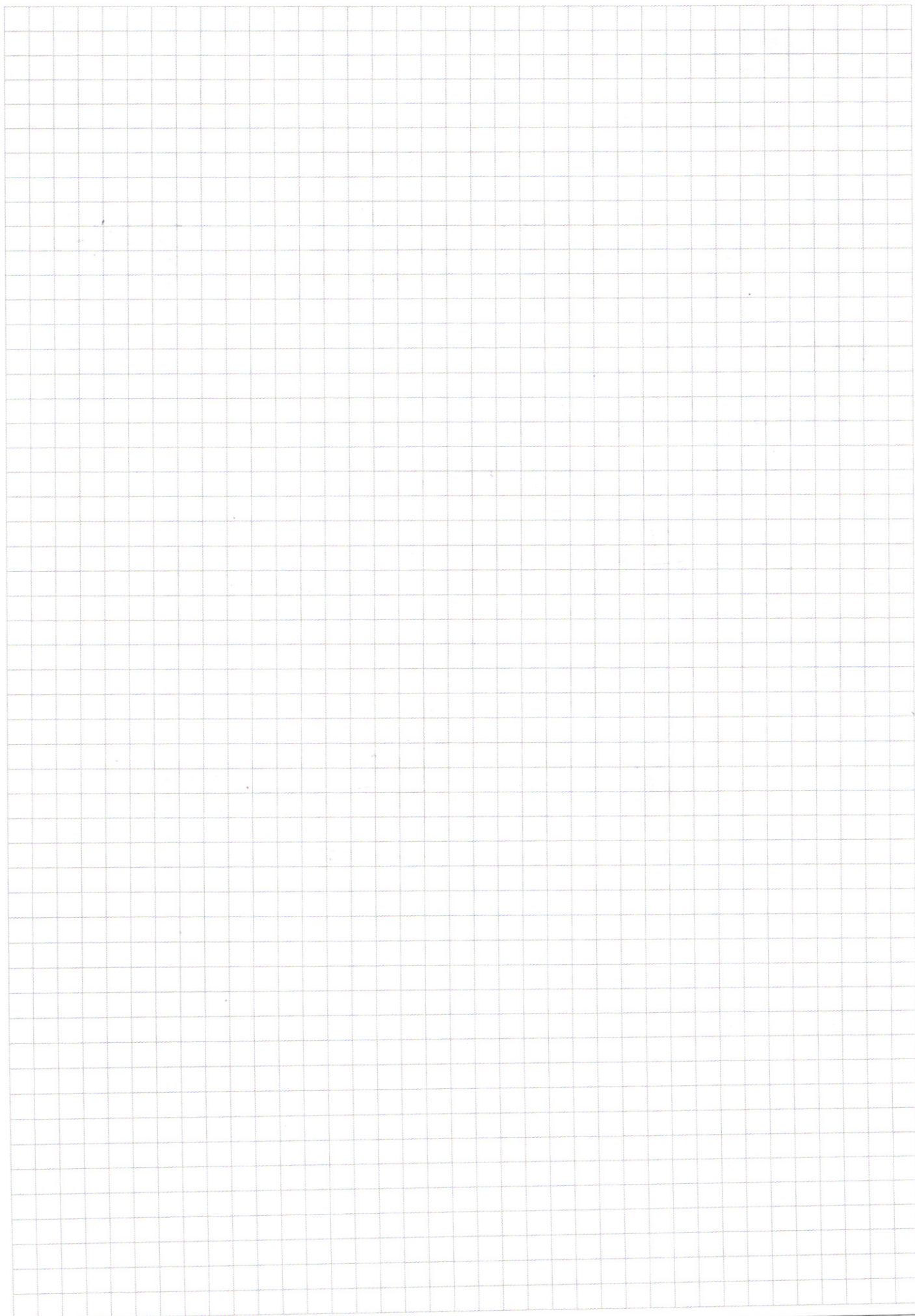
$$P_{\pi} \cdot V_{\pi} + P_b \cdot V_b = V_0 \cdot P_{\pi}$$

~~$V_{\pi} = V_0$~~ $V_0 = V_{\pi} \cdot \gamma$ (по условию)

$$\frac{V_{\pi}}{V_b} = \frac{P_b}{\gamma P_{\pi} - P_{\pi}} = \frac{P_b}{\gamma - 1 P_{\pi}} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,7} = \frac{10^4}{18,5} \approx 518,9$$

Ответ: 1) $\frac{P_{\pi}}{P_b} = 5 \cdot 10^{-4} = \left[\frac{P_{\mu}}{RT P} \right]$

2) $\frac{V_{\pi}}{V_b} = \frac{P_b}{P_{\pi}(\gamma - 1)} = \left[\frac{RT P}{P_{\mu}(\gamma - 1)} \right] = 518,9$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)