

Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 10-01

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

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.

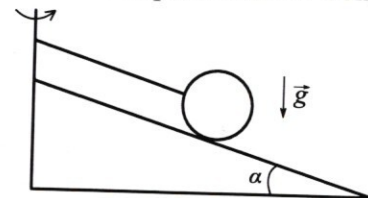
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

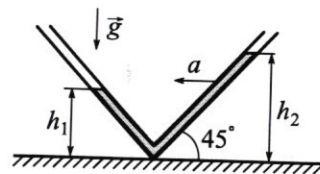
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

$v_{kx} - ?$
 $t - ?$
 $L - ?$

$v_0 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_k = 2,5 v_0$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1) Ускорение свободного падения влияет только на v_y . Соответственно

$$v_{kx} = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{kx} = \frac{1}{2} v_0 = 4 \text{ м/с}$$

2) $\cos \beta = \frac{v_{kx}}{v_k} = \frac{0,5 v_0}{2,5 v_0} = \frac{1}{5}$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

ответ на третий пункт $v_{ky} = -v_k \sin \beta = -\frac{5}{2} v_0 \cdot \frac{2\sqrt{6}}{5} = -v_0 \sqrt{6} \approx -19,2 \text{ м/с}$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\Delta v_y = v_{0y} - v_{ky} = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 + \sqrt{6} v_0 = (\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6}) v_0 = 4\sqrt{3} + 8\sqrt{6} \approx 6,8 + 19,2 = 26 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t = \frac{\Delta v_y}{g} \approx \frac{26}{10} = 2,6 \text{ с}$

3) $L = v_{kx} \cdot t \approx 4 \cdot 2,6 = 10,4 \text{ м}$

ответ: $v_{ky} = -19,2 \text{ м/с}$ $t \approx 2,6 \text{ с}$ $L \approx 10,4 \text{ м}$

№ 2

$\vec{F}_g - ?$
 $\vec{F}_0 - ?$
 $v_{\text{ц.м.}}(F) - ?$

$S ; m$
 $5m = M$
 μ

1) Человек тянет за канат с силой $\vec{F}$ и с такой же силой давит ногами на ящик. т.к. канат $\parallel$ полу $\vec{F} \perp \vec{F}_g$ и не вносит вклад. Остаётся:

$$\vec{F}_g = (m+M)\vec{g} = 6m\vec{g}$$

2) На круг действует сила тяги $\vec{F}_T = \vec{F} + \vec{T}$. По 3-ему 3-ку $\vec{F} = \vec{T}$, значит $\vec{F}_T = 2\vec{F}$. Сила трения действующая на брусок $F_{\text{тр}} = \mu F_g$. для движения

необходимые условия движения $F_T \geq F_{TP}$ $2F \geq F_{TP}$

$$2F \geq \mu F_g = 6\mu mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

3) Для $F > F_0$ $F_T = 2F$ $F_{TP} = 6\mu mg = 2F_0$

Равнодействующая $F_R = F_T - F_{TP} = 2(F - F_0)$

По 2-му 3-му Ньютону

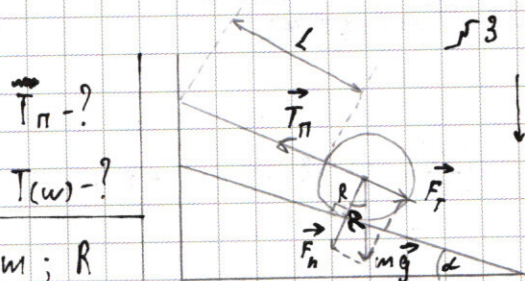
$$a = \frac{F_R}{m+M} = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} = \frac{F}{3m} - \mu g$$

Для равноускоренного движения:

~~$S = v_0 t$~~ $S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a}$ $v_0 = 0$ м.к. состояние покоя

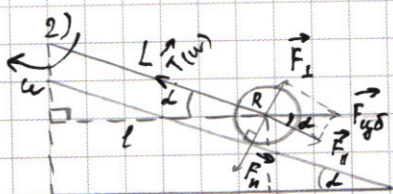
$$v_k = \sqrt{2Sa} = \sqrt{2S\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)}$$

Ответ: $F_g = 6\mu mg$ $F_0 = 3\mu mg$ $v_k = \sqrt{2S\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)}$



1) На шар действует сила тяжести mg разобьем на 2 составляющие $\vec{F}_n \perp$ поверхности клина $\vec{F}_T \parallel$ поверхности клина.

$F_T = mg \sin \alpha$, а м.к. шара в равновесии $T_n = F_T$ $N = F_n$
 N — сила реакции опоры



Найдем крайнее расстояние от оси до центра шара $L = (R + L) \cos \alpha$ (или параллельно поверхности клина)

$$F_{y\delta} = a_{y\delta} \cdot m$$

$$a_{y\delta} = \omega^2 L = \omega^2 (R + L) \cos \alpha$$

Разложим $F_{y\delta}$ на $F_{\perp}$ и $F_{\parallel}$ (относительно поверхности клина)

По условию шар не отрывается от поверхности клина, значит

$$\vec{F}_{\perp} + \vec{F}_n + \vec{N} = 0, \text{ значит } \vec{F}_{\perp} \text{ не вносит вклад в натяжение}$$

нити. м.к. Система в равновесии $T(\omega) = F_T + F_{\parallel} = mg \sin \alpha + F_{y\delta} \cos \alpha =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

Ответ: $T_{\Pi} = mg \sin \alpha$ $T(\omega) = \omega^2 (R+L) m \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$

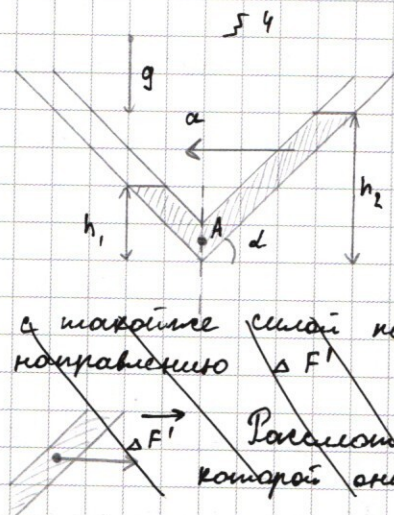
$\alpha - ?$

$\varphi - ?$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

$$h_2 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$$

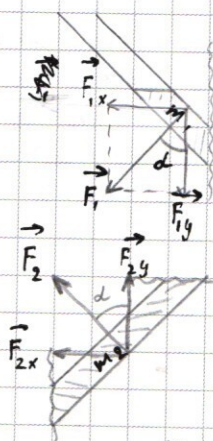


1) На трубку действует сила F которой обуславливается ускорение. На каждую частицу массы действует сила $\Delta F = \alpha \Delta m$ м.к. система в равновесии, которая частица действует

с такой же силой по направлению

Рассмотрим одну частицу и силу $\Delta F'$ которой она действует

1) На трубку действует сила $\vec{F}$ которой обуславливается ускорение системы. Трубка не действует на жидкость внутри



Рассмотрим левую половину $\vec{F}_1$ направлена по нормали к стенке. $\vec{F}_{1x} = m_1 \alpha$ м.к. она обуславливает ускорение жидкости по горизонтали.

$$F_{1y} = F_{1x} \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = F_{1x} = m_1 \alpha$$

Для правой половины всё симметрично

$$F_{2x} = m_2 \alpha \quad F_{2y} = \frac{F_{2x} \cos \alpha}{\sin \alpha} = F_{2x} = m_2 \alpha$$

м.к. сечения и угол наклона постоянны

$$V \sim h, \text{ а м.к. } m = \rho V, \rho = \text{const } m \sim h$$

м.к. система в равновесии давления оказываемые обоими частями

в точке А равны, а м.к. S - одинаковы, то равны и силы

$$F_A = m_1 g + F_{1y} = m_1 (g + \alpha) = \frac{h_1}{h_1 + h_2} m_0 (g + \alpha) \quad F_{\Pi} = m_2 g - m_2 \alpha = m_2 (g - \alpha) = \frac{h_2}{h_1 + h_2} m_0 (g - \alpha)$$

$$F_1 = F_n$$

$$\frac{h_1}{h_1+h_2} m_0 (g+a) = \frac{h_2}{h_1+h_2} m_0 (g-a)$$

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

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

$$a = \frac{h_2-h_1}{h_1+h_2} g = \frac{0,04}{0,2} \cdot 10 = \frac{0,4}{0,2} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) Если исчезнет ускорение, то исчезнет сила удерживающая избыток в правой колене трубки. Он начнёт действовать

с силой $\vec{F}_h = \Delta m \vec{g}$ на остальную жидкость массой $m_0 - \Delta m$

$$\Delta m = \frac{\Delta h}{h_1+h_2} m_0 \quad m_0 - \Delta m = \frac{m_0(h_1+h_2) \cdot 2}{h_1+h_2} \quad \text{Заметим, что } \Delta h = h_2 - h_1$$

соответственно до момента когда уровни сравняются ускорение жидкости положительное, а после - отрицательное. Значит

Максимальная скорость будет в момент сравнения высот h_1 и h_2

часть потенциальной энергии избытка жидкости перейдёт в

кинетическую всей жидкости. $h = \frac{h_1+h_2}{2} = 0,1 \text{ м}$ - новый уровень

$$\Delta h' = h_2 - h = 0,02 \text{ м} \quad \Delta E_n = \Delta m g \Delta h' = \frac{\Delta h}{h_1+h_2} m_0 g \Delta h'$$

$$E_k = \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{\Delta h}{h_1+h_2} m_0 g \Delta h' = \Delta E_n$$

$$v^2 = \frac{2 \Delta h \Delta h'}{h_1+h_2} g = \frac{2 \cdot 0,04 \cdot 0,02}{0,2} \cdot 10 = \frac{1,2}{0,2} = 6$$

$$v = \sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad v \approx 2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

№ 5

Запишем закон для идеального газа через плотность

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu \mu_n}{V \mu_n} RT = \frac{m}{V \mu_n} RT = \frac{\rho_n RT}{\mu_n}$$

$$\rho_n = \frac{p \mu_n}{RT} \approx \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,18}{8,3 \cdot 368} \approx$$

$$\approx \frac{1,53 \cdot 10^4}{3,05 \cdot 10^3} \approx 5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{5}{1000} = \frac{1}{200} = 0,005$$

это утверждение верно т.к. силы трения пренебрежимо малы по условию.

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

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

$$= 95 + 273 =$$

$$= 368^\circ \text{F}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

изотермический процесс

$\frac{V_n}{V_0} = ?$	$\frac{\rho_n}{\rho_0} = ?$
$\gamma = 4,7$	$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) 3-й идеальный газ ~~процесс~~

~~идеальный~~

$$pV = \nu RT$$

$T = \text{const}$ (процесс

изотермический) $3,05 \cdot 10^3$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

$$V' = \frac{V_0}{\gamma}$$

$$p' : V' = \frac{\gamma p}{\gamma}$$

~~(p, V)~~

т.к. процесс изотермический, а процесс медленный,

то давление насыщенного пара не изменяется

$$\frac{1}{V'} = \frac{\gamma}{V}$$

$$V' = \frac{V}{\gamma}$$

$$V_0 = V - V' = \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)V$$

т.к. давление ~~не~~ насыщенного
пара зависит только от
температуры

Молярная масса пара:

$$\mu_{\text{п}} = \frac{V}{V} = \frac{\rho_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}} = \frac{5}{0,18} \approx \frac{500}{18} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Молярная масса воды

$$\mu_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}} = \frac{1000}{918}$$

$$V_{\text{п}} = \frac{V'}{\mu_{\text{п}}}$$

$$V_{\text{в}} = \frac{V_0}{\mu_{\text{в}}}$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = \frac{V' \mu_{\text{в}} \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{п}} V_0 \mu_{\text{п}}} = \frac{\rho_{\text{в}} \gamma}{\rho_{\text{п}} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \mu_{\text{п}}} = \frac{200}{0,18 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} \approx 53,2$$

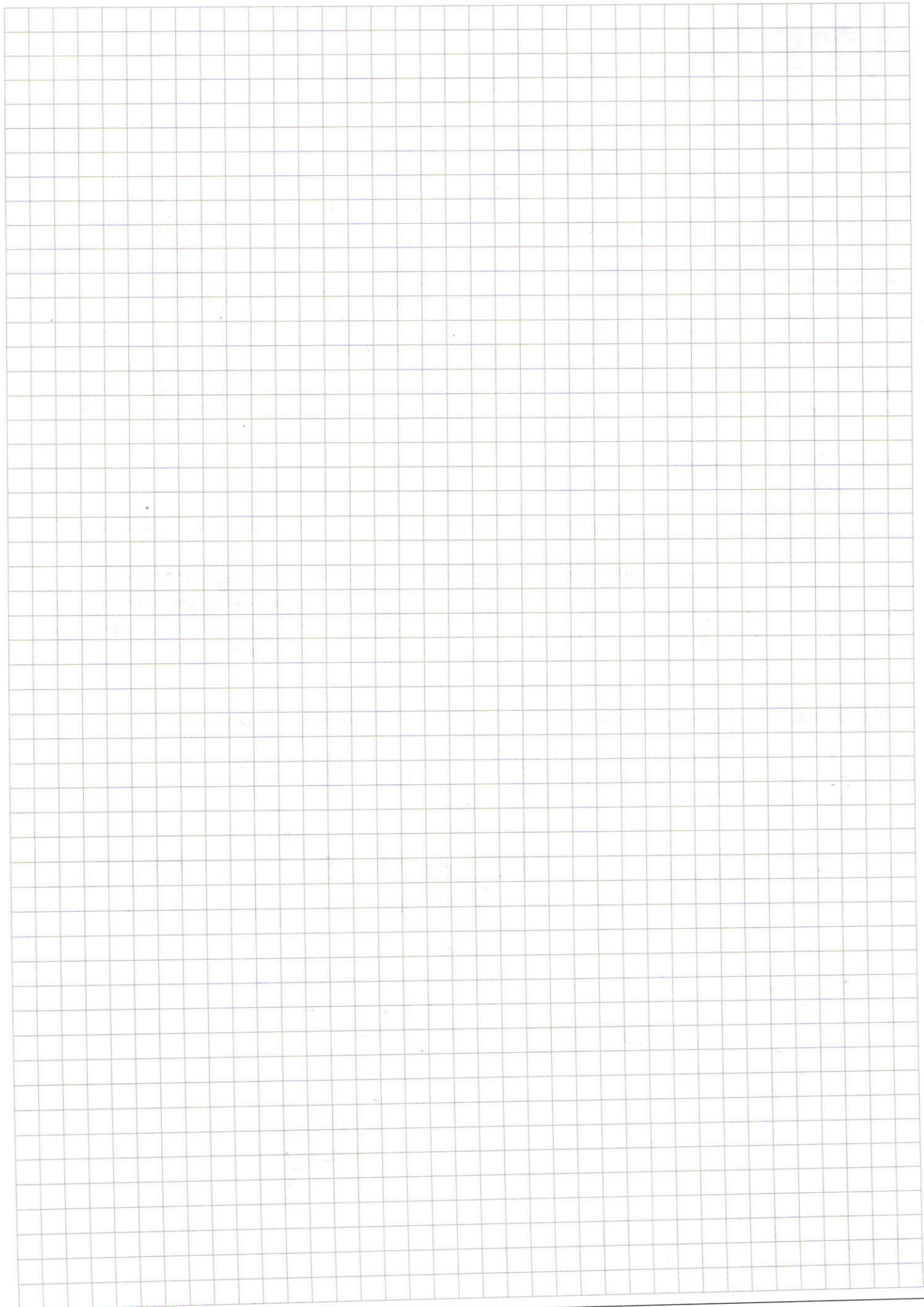
$$\begin{array}{r} 1,00 \mid 4,7 \\ - 94 \mid 212 \\ \hline 60 \\ - 47 \\ \hline 130 \\ - 94 \\ \hline 36 \end{array}$$

$$1 - 0,2 = 0,8$$

$$4,7 \times 0,8 = 3,76$$

$$\begin{array}{r} 2000 \mid 376 \\ - 1880 \mid 5319 \\ \hline 1200 \\ - 1128 \\ \hline 720 \\ 376 \\ \hline 3440 \\ - 2232 \\ \hline 3384 \\ 56 \end{array}$$

Ответ: $\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}}} \approx 0,005$ $\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} \approx 53,2$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



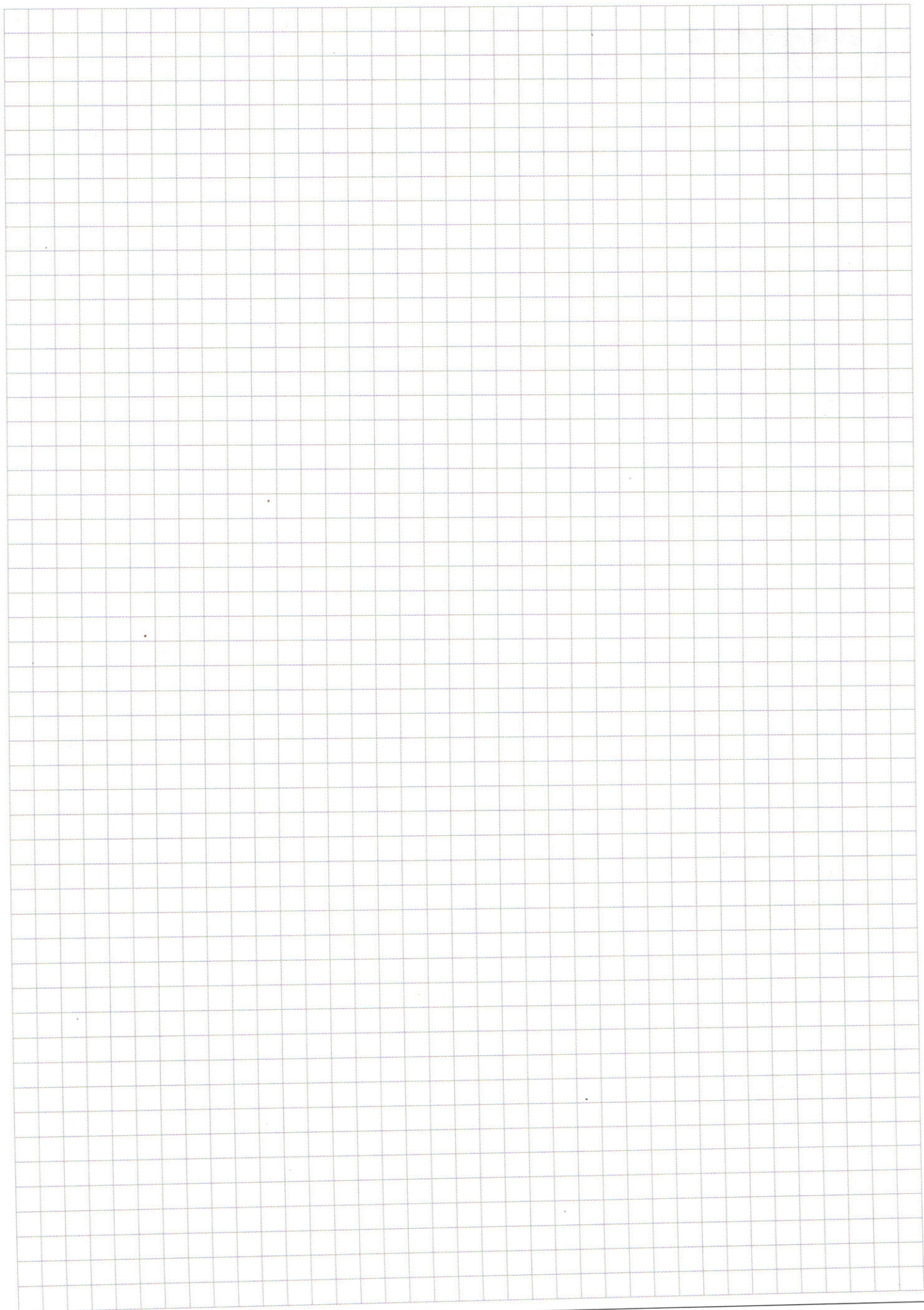
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \nu RT$$

273

8,31

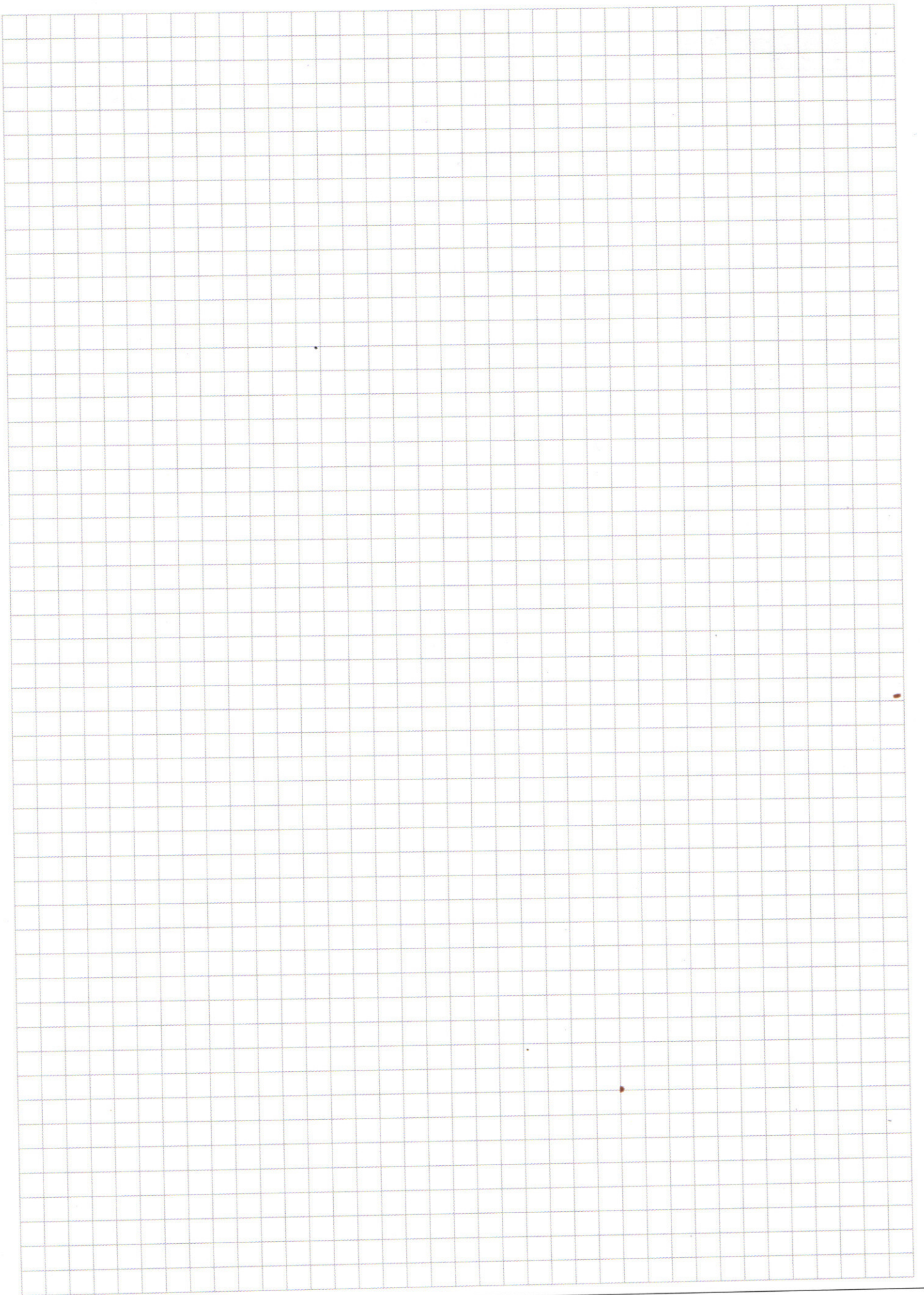
$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu}{V} RT = \frac{\nu_{\mu}}{V_{\mu}} RT = \frac{RT}{\mu}$$

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

$$\frac{8,3 \cdot 368}{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}$$

$$\begin{array}{r} \times 368 \\ 83 \\ \hline 4 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)