

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

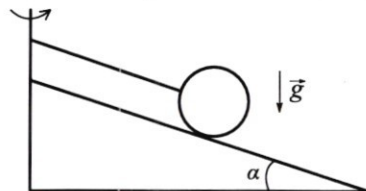
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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 F_0 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.

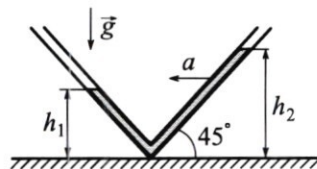
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

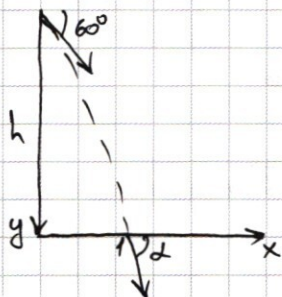
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

W1

$$u + u + 2 = 10$$



камень все время приближается к поверхности $\Rightarrow$ он
был брошен вниз

h - высота вышки

$$g.z.z \quad \frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2,5V_0)^2}{2} \Rightarrow gh = \frac{5,25V_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{5,25 \cdot V_0^2}{2g} = \frac{5,25 \cdot 64}{2 \cdot 10} = \frac{5,25 \cdot 16}{5} = \frac{84}{5} \text{ м}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7, \sqrt{6} \approx 2,5$$

$$1) a_x = 0 \Rightarrow V_x = \text{const} = V_0 \cos 60^\circ = 2,5 V_0 \cos \alpha \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\cos 60^\circ}{2,5} = \frac{1}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

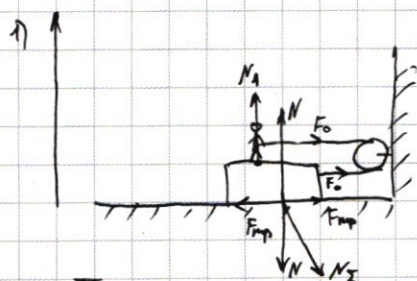
$$V_{y_1} = 2,5 V_0 \sin \alpha = \sqrt{6} V_0 = \sqrt{6} \cdot 8 \approx 20 \text{ м/с} \leftarrow \text{Ответ}$$

$$2) V_{y_1} = V_0 \sin 60^\circ + gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{V_{y_1} - V_0 \sin 60^\circ}{g} \approx \frac{20 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} \approx \frac{20 - 6,8}{10} = 1,32 \text{ с.} \leftarrow \text{Ответ}$$

$$3) \Delta x = x_1 - 0 = V_x \cdot t_1 = V_0 \cos 60^\circ \cdot t_1 = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,32 = 4 \cdot 1,32 \approx 5,28 \text{ м} \leftarrow \text{Ответ}$$

W2

$$0 + u + u = 8$$



по II з. Ньютона для человека $\vec{N}_1 + m\vec{g} = \vec{0} \Rightarrow N_1 = mg, N_1$ -

сила реакции опоры со стороны ящика;

по III з. Ньютона человек действует с такой же силой на
ящик;

по II з. Ньютона для ящика $N = 5mg + N_1 = 6mg$ - нормальная составляющая силы

реакции опоры. Ящик движется $\Rightarrow$ есть $F_{\text{тр}} \text{ скольжения} = \mu \cdot N = 6\mu mg$;

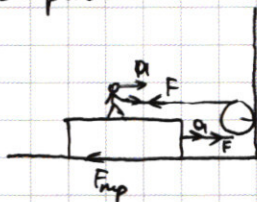
человек с ящиком давит на пол с общей силой $N_z = \sqrt{F_{\text{тр}}^2 + N^2} = 6mg \sqrt{\mu^2 + 1}$ по III з. Ньютона
 $\leftarrow$ Ответ

1) чтобы сдвинуть ящик с места, человеку необходимо преодолеть $F_{\text{тр}} \text{ покоя}$

пусть канат нерастяжим $\Rightarrow 2F_0 \geq F_{\text{тр} \text{ макс}} = \mu \cdot 6mg \Rightarrow F_0 = 3\mu mg \leftarrow \text{Ответ}$

3) если приложить $F > F_0$, то элук начнет двигаться с ускорением

~~человек~~ человек закреплён относительно элука $\Rightarrow$ он начнет двигаться с таким же ускорением



Тогда движение у.м. $a_c = \frac{\sum F_i}{\sum m_i} = \frac{2F - F_{тр \text{ макс.}}}{6m} = \frac{F}{3m - \mu g}$

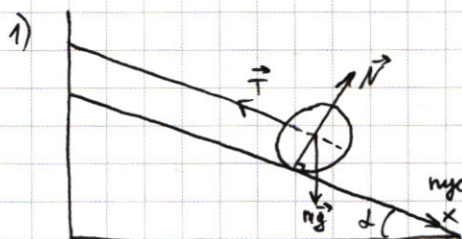
$v_1 = v_0 + at_1 = at_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_1}{a}$

$S = S_1 - 0 = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} = \frac{at_1^2}{2} = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2aS} = \sqrt{\left(\frac{2F}{3m - \mu g}\right)S}$ +

Ответ

W3

4+6=10



поверхность клина подвижна $\Rightarrow \vec{N}_2 = \vec{N}$ и проходит

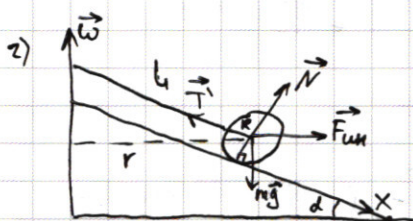
через центр шара;

пусть клин невесомый, тогда $\vec{T}$ тоже проходит через центр шара $\Rightarrow$ на шар действует момент сил $\vec{M}_c = \vec{0}$;

шар однородный $\Rightarrow$ его у.м. находится в ~~центре~~ геометрическом центре;

система покоится, по II-у Ньютона $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = \vec{0}$, $\Pi_{\text{ок}}: -T + mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow T = mg \sin \alpha$ + Ответ



центр инерции шара совпадает с его геометрическим центром, на него в не ИСО действует сила инерции

$\vec{F}_{\text{цн}} = m\omega^2 \vec{r}$, r - радиус от центра шара до оси вращения;

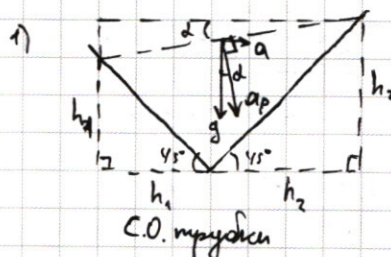
$|\vec{F}_{\text{цн}}| = m\omega^2 (R+l) \cos \alpha$

по II-у Ньютона $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{цн}} = \vec{0}$, т.к. шар не отрывается от клина;

$\Pi_{\text{ок}}: -T + mg \sin \alpha + F_{\text{цн}} \cos \alpha = 0 \Rightarrow T = mg \sin \alpha + m\omega^2 (R+l) \cos^2 \alpha$ + Ответ

W4

4+1=5

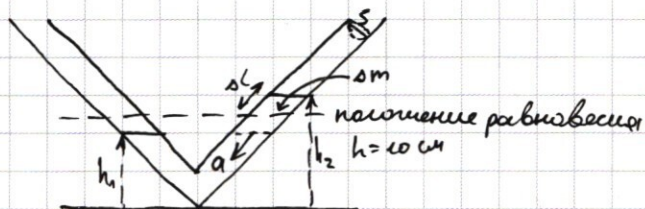


известно, что в не ИСО поверхность жидкости располагается $\perp$ результирующему ускорению;

$a = g \tan \alpha = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = g \cdot \frac{12-8}{12+8} = \frac{1}{5}g = 2 \text{ м/с}^2$ + Ответ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

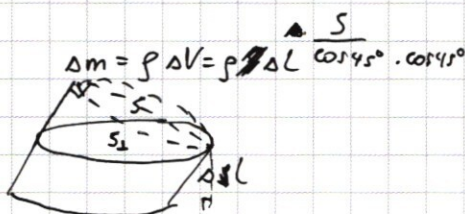
2) когда ускорение исчезнет, сила, созданная за счет разности давлений в слоях жидкости, будет пытаться вернуть жидкость в равновесие;



ΔL - отклонение от положения равновесия вдоль трубки

$$\Delta p = \rho g \Delta h = \rho g 2 \Delta L \cos 45^\circ = \frac{\Delta F}{S} = \frac{2 \Delta m g}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{S \rho g 2 \Delta L \cos 45^\circ}{\Delta m} =$$



$$= \frac{S \rho g 2 \Delta L \cos 45^\circ}{\rho \Delta L \frac{S}{\cos 45^\circ} \cdot \cos 45^\circ} = g \cos^2 45^\circ = \frac{g}{2}$$

$v = v_{\max}$, когда уровень воды совпадет с положением равновесия, т.к. после этого уже левый слой воды окажется выше правого, и ускорение изменит направление на обратное;

$$v = at \Rightarrow t = \frac{v}{a}$$

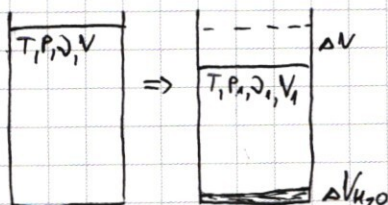
$$(v_0 = 0)$$

$$\Delta L = \frac{h_2 - h_1}{2 \cos 45^\circ} = \frac{a t^2}{2} = \frac{v_{\max}^2}{2a} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{a \cos 45^\circ (h_2 - h_1)} = \sqrt{g (h_2 - h_1)} = \sqrt{10 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = 2 \sqrt{10} \text{ м/с}$$

Ответ

и 5

$$4 + 0 = 4$$



1) γ -н Менделеева-Клапейрона $PV = \nu RT = \frac{m}{M} RT \Rightarrow$

$$\Rightarrow P = \frac{m RT}{M V} = \frac{P_0 RT}{M} \Rightarrow P_n = \frac{P M}{RT} = \frac{85 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (273 + 95)} =$$

$$= \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{1530}{3058,08} \approx 0,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{P_n}{P_{\text{н.т.о}}} = \frac{0,5}{1000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

Ответ

2) процесс медленный $\Rightarrow$ в каждый момент времени система в фазовом равновесии

$PV = \gamma RT$ - нач. состояние

$$P_1 V_1 = \gamma_1 RT = P_1 \frac{V}{\gamma} = (\gamma - \Delta\gamma) RT, \Delta\gamma \text{ сконденсировалось}$$

$$\Delta\gamma = \frac{\Delta m}{M}; \Delta m = \rho \Delta V \Rightarrow \Delta\gamma = \Delta V_{H_2O} \cdot \frac{\rho_{H_2O}}{M}$$

$$P_1 \frac{V}{\gamma} = PV - \Delta V_{H_2O} \frac{\rho RT}{M}$$

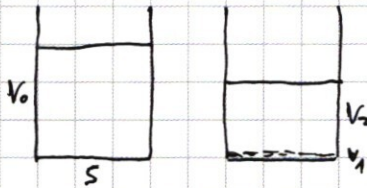
$$V_1 = \frac{V}{\gamma} \Rightarrow V = \gamma V_1$$

$$P_1 V_1 = P \gamma V_1 - \Delta V_{H_2O} \frac{\rho_{H_2O} RT}{M}$$

$$P_1 = \gamma P - \frac{\rho_{H_2O} RT}{M} \cdot \frac{\Delta V_{H_2O}}{V_1} \Rightarrow \frac{\Delta V_{H_2O}}{V_1} = \frac{(\gamma P - P_1) M}{\rho_{H_2O} RT}$$

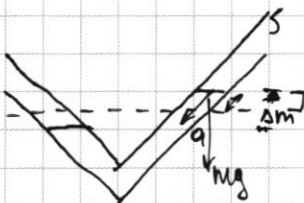
нет ответа!

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$PV = \text{const}$~~ $PV = \frac{m}{M} RT$
 $\frac{PV}{m} = \text{const}$

~~$\Delta U = \frac{5}{2} nRT = Q + A = -Q_{\text{out}} - W_{\text{ext}} + A$~~



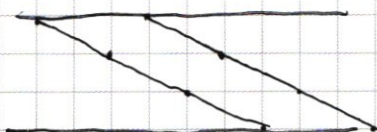
~~$\Delta F = \Delta mg \sin \alpha = \frac{\Delta F}{S} = \frac{\Delta mg}{S} = \frac{\Delta m g}{S}$~~

~~$\Delta F = \rho \Delta m g \sin \alpha = \frac{\Delta F}{S} = \frac{\rho \Delta m g}{S}$~~
 $a = 2g \sin \alpha$

~~$\Delta F = \rho g \Delta h$~~ $\Delta F = \rho g \Delta L \cos 45^\circ = \frac{\Delta F}{S} = \frac{\rho \Delta m g}{S} \Rightarrow$

$\Rightarrow a = \frac{\Delta L}{\Delta m} \rho g \cos 45^\circ =$

$\Delta m = S \rho \Delta L \cos 45^\circ$
 $= \frac{\Delta L \rho g \cos 45^\circ}{S \rho \Delta L \cos 45^\circ} = \frac{g \cos 45^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{g}{\sqrt{2}}$

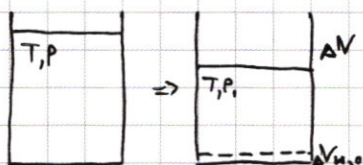


$v = v_{\text{max}}$, когда уровень воды пересечет
состояние равновесия, после этого
он начнет двигаться в opp. сторону

~~$t = \sqrt{\frac{2L}{a}}$~~ $v = at \Rightarrow t = \frac{v}{a}$

$2L = \frac{a^2}{2} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2a} = \frac{h_2 - h_1}{2 \cos 45^\circ}$

$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{a(h_2 - h_1)}{2}} = \sqrt{\frac{g(h_2 - h_1)}{2}}$



$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P = \frac{PRT}{M} \quad \beta = \frac{P/M}{RT} \approx \frac{1}{2} \text{ м/м}^3$$

$$\kappa = 5 \cdot 10^{-4}$$

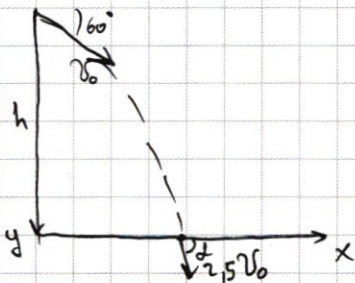
$$P(V - \Delta V - \Delta V_{H_2O}) = \left(\frac{m}{M} - \frac{\Delta m}{M} \right) RT$$

$$P_i(V - \Delta V - \Delta V_{H_2O}) = \left(\frac{m}{M} - \frac{\Delta m}{M} \right) RT \quad \beta = \frac{m}{M}$$

$$P dV + V dP = RT d\beta$$

$$dV_{H_2O} = \frac{dm}{\rho_{H_2O}} = \frac{d\beta M}{\rho_{H_2O}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} \text{уч} \quad \frac{mv_0^2}{2} + mgh &= \frac{m(2.5v_0)^2}{2} \\ gh &= \frac{5.75v_0^2}{2} \\ h &= \frac{5.75v_0^2}{2g} = \frac{5.75 \cdot 64}{2 \cdot 10} = \frac{84}{5} \text{ м} \end{aligned}$$

$$v_x = v_0 \cos 60^\circ = 2.5v_0 \cos 60^\circ$$

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2} = \frac{1}{5}$$

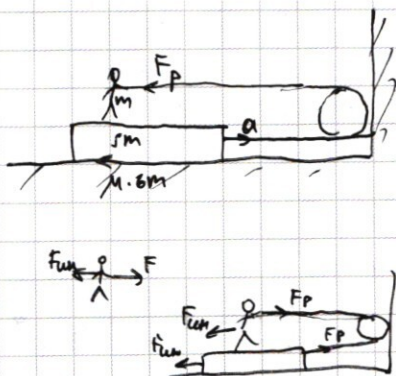
$$\sin 60^\circ = \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \sqrt{\frac{24}{25}}$$

$$v_y = 2.5v_0 \sin 60^\circ = 2.5 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3}$$

$$v_y = v_0 \sin 60^\circ + gt_1$$

$$t_1 = \frac{v_y - v_0 \sin 60^\circ}{g} = \frac{10\sqrt{3} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{20 - 6.8}{10} = 1.32 \text{ с}$$

$$\Delta x = v_0 \cos 60^\circ \cdot t_1 = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.32 = 4.132 = 5.28 \text{ м}$$



$$2F = 6ma$$

уч

$$N = mg + 5mg = 6mg$$

$$2F_0 = \mu \cdot 6mg \Rightarrow F_0 = 3\mu mg$$

$$s = \frac{at^2}{2} = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2as}$$

$$v = at \Rightarrow t = \frac{v}{a}$$

$$F_p = F - F_{\text{fr}} = F - ma$$

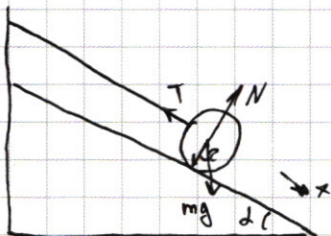
$$2F_p = 6ma$$

$$2(F - ma) = 6ma$$

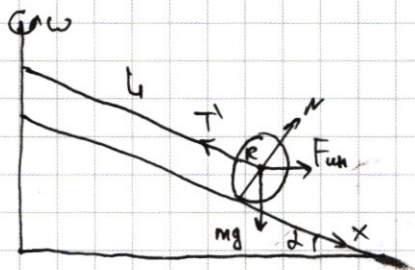
$$a = \frac{F}{4m}$$

$$F = F_p + F_{\text{fr}}$$

$$v = \sqrt{\frac{FS}{2m}}$$



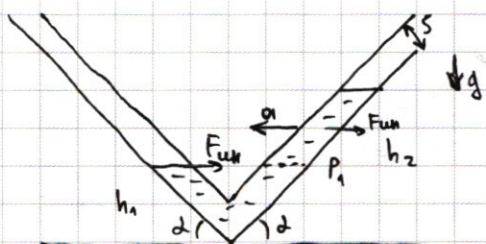
$N = mg \cos \alpha$
 $T = mg \sin \alpha$
 O_x



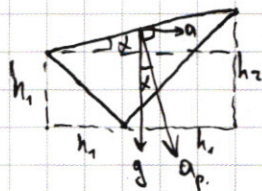
$$F_{\text{цн}} = m\omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$O_x \cdot T' = F_{\text{цн}} \cos \alpha + mg \sin \alpha = m\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$$

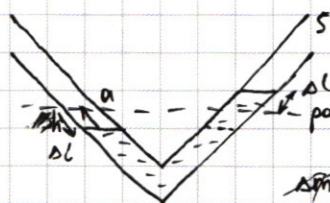
W4



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



$$a = g \tan \alpha = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = g \cdot \frac{12.8}{17.8} = g \cdot \frac{4}{20} = \frac{1}{5}g$$



Δl равнобедрен $h = 10 \text{ cm}$
 $\Delta l \approx \frac{h}{5}$

~~scribbled text~~

T, P, V	T, P, V_1
-----------	-------------

$$\begin{array}{r}
 85 \\
 + 18 \\
 \hline
 680 \\
 85 \\
 \hline
 1530
 \end{array}$$

$$P_n = \frac{PM}{RT} = \frac{8.5 \cdot 10^{-4} \cdot 18 \cdot 10^3}{8.31 \cdot (273 + 35)} =$$

$$\begin{array}{l}
 PV = JRT \\
 P_1 V_1 = J_1 RT
 \end{array}
 \quad
 \frac{85 \cdot 18}{8.31 \cdot 308} = \frac{1530}{3058.08} \approx \frac{1}{2} \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{н.о.}} = 1 \cdot 10^{-3} = 1000 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{l}
 PV = JRT \\
 P = \frac{JRT}{V}
 \end{array}
 \quad
 \frac{MRT}{P} = \frac{PRT}{M}$$

$$k = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 + 368 \\
 \hline
 6648 \\
 4386 \\
 \hline
 2493 \\
 \hline
 3058.08
 \end{array}$$



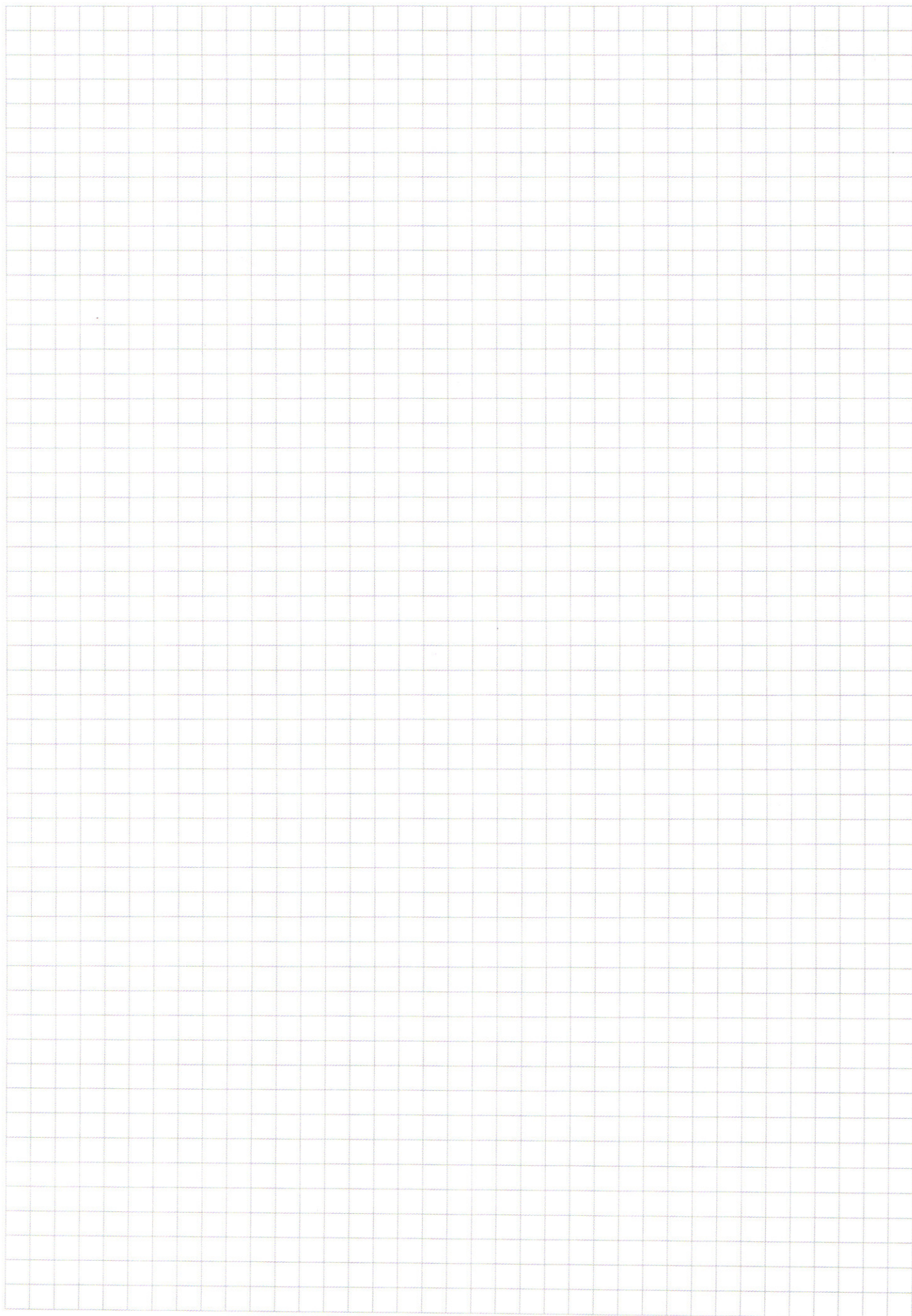
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)