

# Олимпиада «Физтех» по физике, с

## Вариант 10-02

Класс 10

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/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

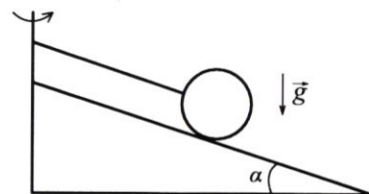
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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  $\alpha$  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  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

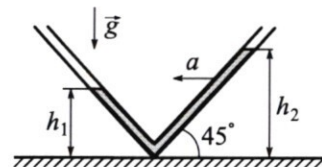


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением  $a = 4$  м/с<sup>2</sup> уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте  $h_1 = 10$  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/с<sup>2</sup>. Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $27^\circ\text{C}$  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/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]



N1. т.к. палка всё время приближалась к земле,  
 $V_0 = 10 \text{ м/с}$  то брошена она так:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$U = 2V_0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

3) по ЗСЭ:  $mgh + m \frac{V_0^2}{2} = m \frac{U^2}{2}$

$$gh = \frac{1}{2}(U^2 - V_0^2) \rightarrow h = \frac{1}{2g}(U^2 - V_0^2) = \frac{1}{2g}(4V_0^2 - V_0^2)$$

$$h = \frac{3}{2g}V_0^2 = 15 \text{ м}$$

1)  $V_x = V_0 \cos \alpha$  (-const)

$$V_y = -V_0 \sin \alpha - gt$$

$$U^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$\Rightarrow U_y^2 = U^2 - U_x^2 = U^2 - V_x^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$U_y^2 = V_0^2(4 - \cos^2 \alpha) = 325 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$U_y = -5\sqrt{13} \text{ м/с} \quad |U_y| = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

2) Время полета найдем из  $V_y = -V_0 \sin \alpha - gt$

$$U_y = -V_0 \sin \alpha - gt = -5\sqrt{13}$$

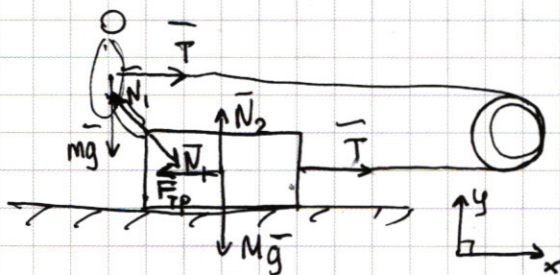
$$-|U_y| = -V_0 \sin \alpha - gt$$

$$|U_y| - V_0 \sin \alpha = gt$$

$$t = \frac{|U_y| - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} \text{ с}$$

$$t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} (\text{с.})$$

N2.



Чел:  $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}_1$

Ящик:  $M\vec{a} = \vec{T} + M\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр}$

Чел x:  $N_{1x} = T$  y:  $N_{1y} = mg$

Ящик x:  $T + N_{1x} =$

y:  $N_2 = Mg + N_{1y} = Mg + mg$   
 т.к. по оси y  $a_y = 0$

1)  $N_2 = Mg + mg$

2) Чтобы они двигались и сила была минимальной, надо чтобы ускорение было почти 0, но чуть больше.  $a \approx 0$ .

Чел:  $ma = T - N_{1x}$

Ящик:  $Ma = T + N_{1x} - F_{тр}$

$$(M+m)a = 2T - \mu N_2 = 2T - \mu(M+m)g$$

$$a \approx 0, T = F_0 \Rightarrow 0 = 2F_0 - \mu(M+m)g \Rightarrow F_0 = \frac{\mu(M+m)g}{2} = \frac{3\mu mg}{2}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)  $F > F_0 \Rightarrow a > 0$

$$(M+m)a = 2F - \mu(M+m)g \rightarrow a = \frac{2F}{M+m} - \mu g$$

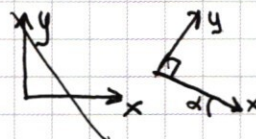
$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x}{2}t^2$$

$$\left. \begin{aligned} x(t_2) = S \\ x(t) = \frac{a_x t^2}{2} \end{aligned} \right\} S = \frac{t_2^2}{2} a_x \rightarrow t_2^2 = \frac{2S}{a_x} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S}{a_x}} = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{M+m} - \mu g}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - \mu g}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$

№3.

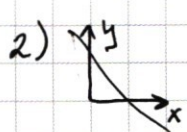
m R шар  
k α



1)  $a = 0$

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

x:  $T = mg \sin \alpha$  y:  $N = mg \cos \alpha$



$$a_x = \frac{v^2}{R_1} = \omega^2 R_1, \quad R_1 = (L+R) \cos \alpha$$

$$m\omega^2(L+R) \cos \alpha = T \cos \alpha - N_2 \sin \alpha$$

$$T \sin \alpha + N_2 \cos \alpha = mg \quad T = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

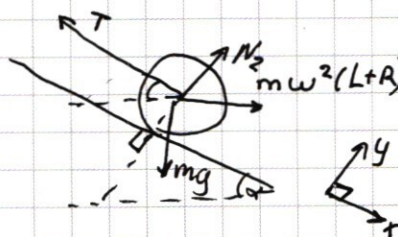
$$m\omega^2(L+R) \cos \alpha = \frac{mg \cos \alpha - \cos \alpha \cos \alpha N_2 - N_2 \sin \alpha \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m\omega^2(L+R) = \frac{mg}{\sin \alpha} - N_2(\cos \alpha + \cot \alpha)$$

не надо красиво. лучше так:

y:  $N_2 + m\omega^2(L+R) \sin \alpha = mg \cos \alpha$

отб:  $N_2 = mg \cos \alpha - m\omega^2(L+R) \sin \alpha$





Воз пар  $t = 27^\circ\text{C}$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\frac{70}{3} = 23 \frac{1}{3}$$

Изотермич.  $V \downarrow$  как конденс превращ в воду

69

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3$$

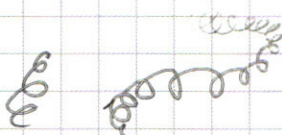
$$\mu = 18 \text{ г/моль}$$

$$1) \frac{p_n}{p_0}$$

$$\text{Па} \cdot \text{м}^3 = \text{моль} \cdot [R] \cdot K$$

$$\frac{3550 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10}{8,31 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^5} = \frac{[R] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot K}}{18 \cdot 3} = \frac{6 \cdot 355 \cdot 10^{-2}}{831 \cdot 10^3}$$

|      |   |
|------|---|
| 831  | 1 |
| 1662 | 2 |
| 2493 | 3 |
| 3324 | 4 |
| 4155 | 5 |
| 4986 | 6 |
| 5817 |   |



$$\begin{array}{r} 355 \\ 6 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$\frac{213 \cdot 10^{-1}}{831 \cdot 10^3} = 10^{-4}$$

$$\frac{213}{831} = \frac{71}{277}$$

$$\begin{array}{r} 2130831 \\ 0, \end{array}$$

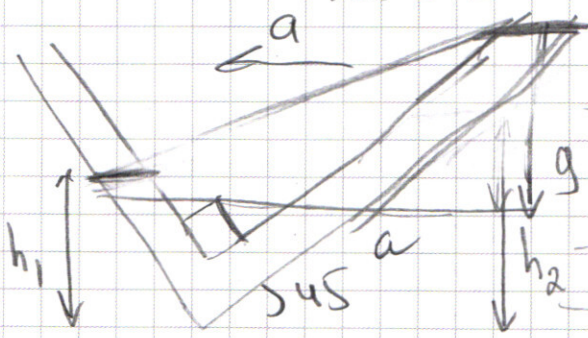
$$\begin{array}{r} 2130 \overline{) 831} \\ 1662 \overline{) 025631} \\ 4630 \overline{) 4155} \\ 4155 \overline{) 0} \end{array}$$

$$\frac{10^3 \cdot 831 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^2}{355 \cdot 10 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 46 \cdot 10^4} = \frac{831}{355 \cdot 6 \cdot 46} = \frac{277}{355 \cdot 2 \cdot 46}$$

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

$$10^6 h_2 - h_1 = h_1 + g \alpha \frac{a}{g} + h_2 + g \alpha \frac{a}{g}$$

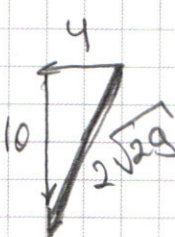
$$h_2 (1 - + g \alpha \frac{a}{g}) = h_1 (1 + g \alpha \frac{a}{g} + 1)$$



$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

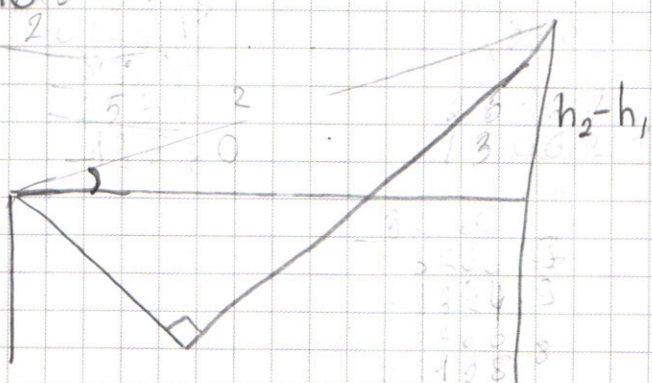
$$h_1 = 0,1 \text{ м}$$

$$h_2 = ?$$



$$P_1' = P_2'$$

$$+ g \beta = \frac{h_2 - h_1}{\dots}$$





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5.

$t = 27^\circ\text{C}$

$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

медл. изотерм  $V \downarrow$

$\rho_B = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

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

$\gamma = 5,6$

$PV = \frac{m}{\mu} RT \rightarrow \frac{P\mu}{RT} = \rho_n$

давление газа не может быть больше давлени  
ния нас. пара.  $V \downarrow$  и  $T \text{ const} \Rightarrow P \uparrow$ , такого

быть не может  $\Rightarrow$  { вода конденсируется.  
 $\rho = \text{const}$

1)  $\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{P\mu}{RT\rho_B} = \frac{3550 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} \approx 0,2563 \cdot 10^{-4}$

$\left[ \frac{P\mu}{RT\rho_B} \right] = \frac{\text{Па} \cdot \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = \frac{1}{\frac{\text{м}^3}{\text{см}^3}}$  лучше перевести в СИ

Отв:  $\frac{\rho_n}{\rho_B} = 2,563 \cdot 10^{-5}$

2)  $\frac{V_{n2}}{V_{B2}}, V_{n2} = \frac{V_n}{\gamma}$

Изначально  $P V_n = \gamma RT$

Позже

$P \frac{V_n}{\gamma} = \gamma_2 RT$ , а  $V_{B2} = V_n - \frac{V_n}{\gamma}$

тогда  $\frac{V_{n2}}{V_{B2}} = \frac{\frac{V_n}{\gamma}}{\frac{P\mu}{\rho_B RT} (V_n - \frac{V_n}{\gamma})} = \frac{P_B RT}{P\mu(\gamma-1)}$

Отв:  $\frac{V_{n2}}{V_{B2}} = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 300}{3550 \cdot 0,018 \cdot 4,6} \approx 8482,5$

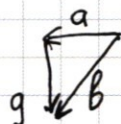
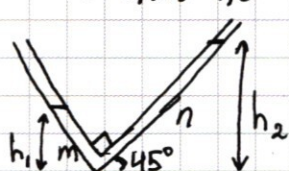
N4.

$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$h_1 = 0,1 \text{ м}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$\alpha = 45^\circ$



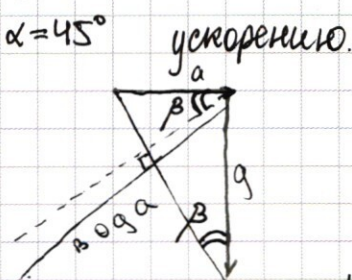
$b = \sqrt{a^2 + g^2} = 2\sqrt{2}g \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$m = \frac{h_1}{\sin \alpha} \quad n = \frac{h_2}{\sin \alpha}$

вода поверхность воды всегда  $\perp$  абсолютному её (системе)

$\tan \beta = \frac{a}{g} = 0,4$

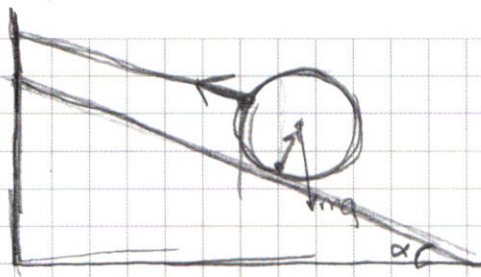
$\frac{f \cos \beta}{m+n} \tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{(m+n) \cos \beta}$



$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{(h_1 + h_2) + g\alpha} = \frac{a}{g}$  Отсюда находим  $h_2$ .

$h_2 = \frac{(a/g + g\alpha + 1) h_1}{-a/g + g\alpha + 1} = h_1 \frac{a/g + g\alpha + 1}{-a/g + g\alpha + 1} = 0,1 \frac{0,4 + 1}{1 - 0,4} = \frac{7}{30} \text{ м} = \frac{7}{3}$





$$\sum M = J\varepsilon \quad \varepsilon = 0$$

$$\frac{J\omega^2}{2}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t -$$

$$Q = h - vt - qt$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h_2 = 0,1 \cdot \frac{1,4}{0,6} = 0,1 \cdot \frac{7}{3} \text{ м} = \frac{7}{30} \text{ м} = \frac{70}{3} \text{ см} \approx 23,33 \text{ см}$$

2)  $\alpha = 0 \Rightarrow$  можем записать "ЗСЭ"

$$m_{\text{лев}} = \rho m = \rho \frac{h_1}{\sin \alpha} \quad \text{высота ц.м. } \frac{h_1}{2}$$

$$m_{\text{прав}} = \rho \frac{h_2}{\sin \alpha} \quad \text{высота ц.м. } \frac{h_2}{2}$$

новый ц.м. будет на высоте  $\frac{h}{2}$ , где  $\frac{\rho}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) = \frac{\rho}{\sin \alpha} (h + h)$

$$\rho \frac{h_1^2}{2 \sin \alpha} g + \rho \frac{h_2^2}{2 \sin \alpha} g = \rho \frac{h^2}{2 \sin \alpha} g + \rho \frac{h^2}{2 \sin \alpha} g + \frac{\rho}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) \frac{v^2}{2} \quad \begin{aligned} 2h &= h_1 + h_2 \\ h &= \frac{h_1 + h_2}{2} \end{aligned}$$

$$(h_1^2 + h_2^2) g = 2h^2 g + (h_1 + h_2) v^2 \rightarrow v^2 = \frac{h_1^2 + h_2^2 - 2 \cdot \frac{(h_1 + h_2)^2}{4}}{h_1 + h_2} g$$

$$v^2 = \frac{h_1^2 + h_2^2 - 0,5h_1^2 - 0,5h_2^2 - h_1 h_2}{h_1 + h_2} g = \frac{0,5h_1^2 + 0,5h_2^2 - h_1 h_2}{h_1 + h_2} g = \frac{1}{2} \frac{(h_1^2 - 2h_1 h_2 + h_2^2)}{h_1 + h_2} g$$

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

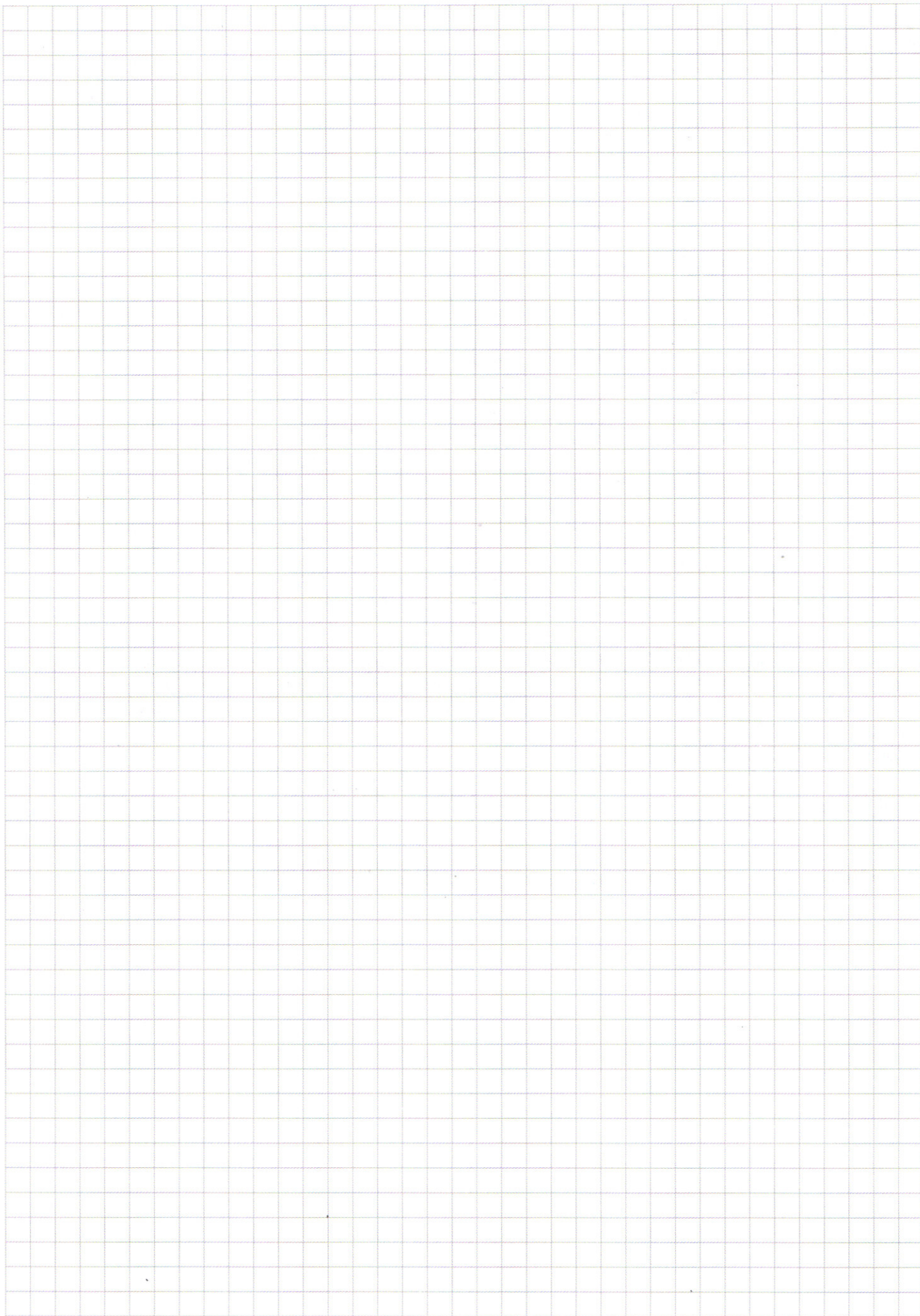
$$v = \sqrt{\frac{g (\operatorname{ctg} \alpha - g/g)}{2 h_1 \cdot 2 \operatorname{ctg} \alpha}} \cdot \frac{h_1 \cdot 2 g/g}{\operatorname{ctg} \alpha - g/g} = \sqrt{\frac{g h_1 \cdot g^2/g^2}{(\operatorname{ctg} \alpha - g/g) \operatorname{ctg} \alpha}} = \sqrt{\frac{g^2 h_1}{g \operatorname{ctg} \alpha (\operatorname{ctg} \alpha - g/g)}}$$

$$v = a \sqrt{\frac{h_1}{g \operatorname{ctg} \alpha (\operatorname{ctg} \alpha - g/g)}}$$

$$v = 4 \sqrt{\frac{1}{100 \cdot 1 \cdot 0,6}} = 0,4 \sqrt{\frac{1}{0,6}} = 0,4 \sqrt{\frac{10}{6}} = 0,4 \sqrt{\frac{5}{3}} \text{ м/с}$$

Корни извлекаю, не могу ответ  $v = 0,4 \sqrt{\frac{5}{3}} \text{ м/с}$





☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

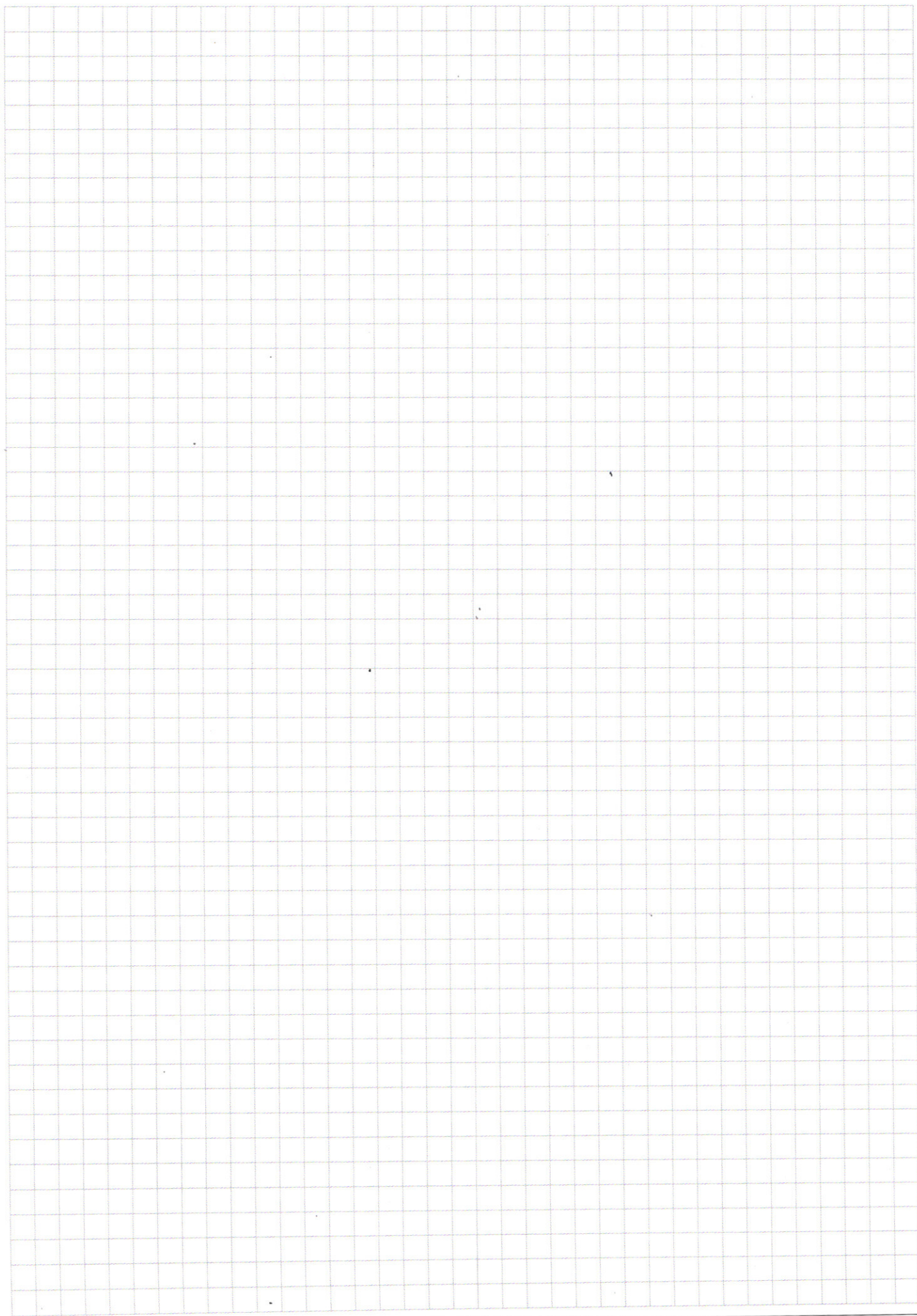
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)