

# Олимпиада «Физтех» по физике,

## Вариант 10-01

Класс 10

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

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  $2,5V_0$ .

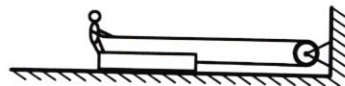
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/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  $M = 5m$ . Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом  $\mu$ .

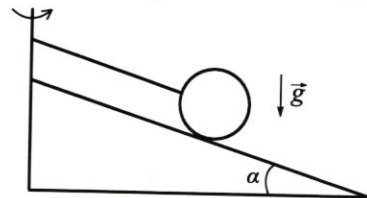


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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  $\alpha$  к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной  $L$ , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



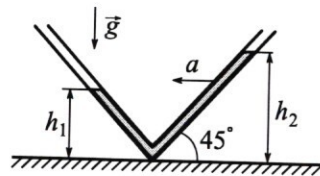
1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

2) Найти силу натяжения нити, 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 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/с<sup>2</sup>. Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $95^\circ\text{C}$  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/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\alpha = 60^\circ$   
 $V_0 = 8 \frac{m}{s}$   
 $|V_k| = 2,5 V_0$   
 $V_k - ?$   
 $t - ?$   
 $L - ?$

камень будет  
 удариться  
 $\Rightarrow$  по  
 времени  
 вниз

$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} = \vec{V}_k t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$   
 $|V_k| = 2,5 V_0$

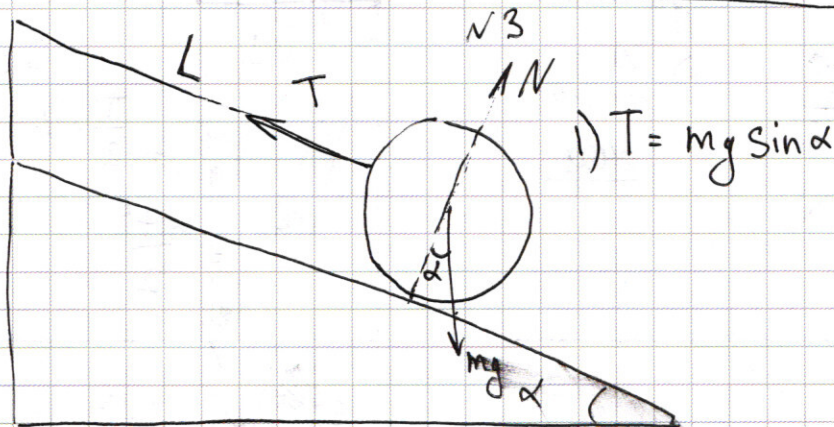
Из теоремы косинусов:  
 $2,5^2 V_0^2 = V_0^2 + g^2 t^2 - 2gt V_0 \cos(\frac{\pi}{2} + \alpha)$   
 $6,25 V_0^2 - V_0^2 = g^2 t^2 + 2gt V_0 \sin \alpha$   
 $100 t^2 + 2 \cdot 80 \sqrt{3} t - 5,25 \cdot 8 = 0$  (б.у.)  
 $D = 4 \cdot 6400 \cdot 3 - 4 \cdot 100 \cdot 5,25 \cdot 8 = 168000 - 16800 = 151200$   
 $\sqrt{D} = 10 \sqrt{124} \approx 20 \sqrt{31} \approx 110,4$   
 $t = \frac{-80\sqrt{3} \pm 110,4}{200} = \frac{240 - 80\sqrt{3}}{200} = 1,2 - \frac{13,6}{200} = 1,2 - 0,068 \approx 1,132$   
 $t > 0 \Rightarrow t \approx 1,132$

по теореме синусов:  
 $\frac{2,5 V_0}{\sin(\frac{\pi}{2} + \alpha)} = \frac{V_0}{\sin \gamma}$   
 $\sin \gamma = \frac{\cos \alpha}{2,5} = \frac{0,5}{2,5} = \frac{1}{5}$   
 $\cos \gamma = \frac{\sqrt{24}}{5}$

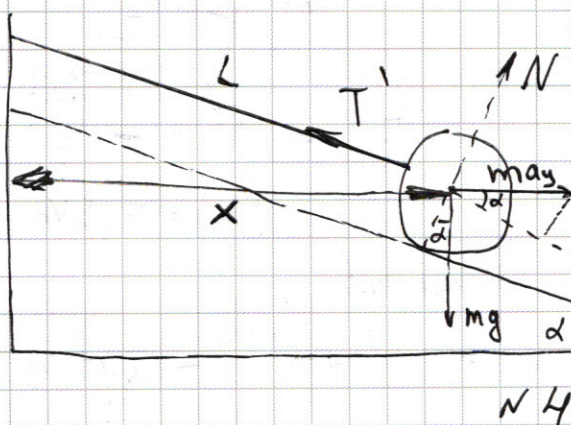
$$V_{ky} = V_k \cdot \cos \alpha = 2,5 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{24}}{5} = \frac{5 \cdot 8}{5} \cdot \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \approx 8 \cdot 2,4 \approx 19,2 \frac{M}{c}$$

$$L = \frac{V_0 t}{\cos \alpha} = \frac{8 \frac{M}{c} \cdot 1c}{\frac{1}{2}} \approx 16 M$$

Ответ:  $t \approx 1c$ ;  $V_{ky} \approx 19,2 \frac{M}{c}$ ;  $L \approx 16 M$



$$1) T = mg \sin \alpha$$



$$T' = mg \sin \alpha + m a_y \cdot \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2 x$$

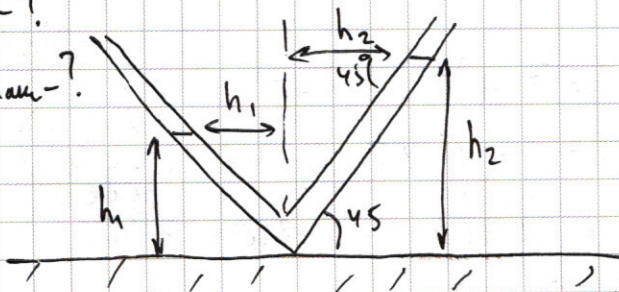
$$x = (L + R) \cdot \cos \alpha$$

$$T' = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$$

Ответ: 1)  $T = mg \sin \alpha$

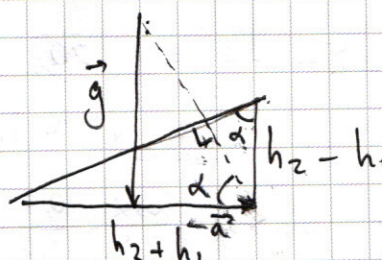
2)  $T' = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$

$a = ?$   
 $V_{max} = ?$



вектор  $\vec{g}_{эф} = \vec{g} - \vec{a}$   
поверхность  
нижняя рамка  
идет  $\perp$   
 $\vec{g}_{эф}$

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



$$= \frac{20}{4} = \frac{g}{a} \Rightarrow a = \frac{g}{5} = 2 \frac{M}{c^2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~при~~  $V' = a \Rightarrow$  когда  $a = 0$   $V$  становится максимальной  
 $\Rightarrow$  сразу после прекращения  $V$  будет максимальной

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

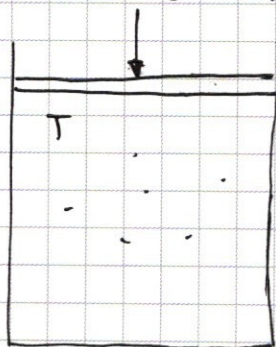
$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 4 \cdot 10^{-2} m} = 0,4\sqrt{5} \frac{m}{c} \approx 0,88 \frac{m}{c}$$

$$\sqrt{5} \approx 2,2$$

Ответ:  $a \approx 2 \frac{m}{c}$ ;  $v \approx 0,88 \frac{m}{c}$

$$T = 95 + 273 = 368 K \quad P = 8,5 \cdot 10^4 Pa \quad [N 5]$$

$$\alpha = \frac{p_{пара}}{p_{возд}}$$



при конденсации  $T = const$  и  $P = const$   
меняется  $\Delta V$  и  $\Delta p$

$$\Rightarrow P \cdot V = \frac{m}{M} RT$$

$$p_{пара} = \frac{P_{пар}}{RT} = const \quad (т.к. T = const \text{ и } P = const)$$

$$\begin{array}{r} 8,5 \\ 1,8 \\ \hline 680 \\ 850 \\ \hline 15,30 \end{array} \quad \begin{array}{r} 8,31 \\ 3,68 \\ \hline 6848 \\ 49860 \\ \hline 189300 \\ 246008 \end{array}$$

$$\alpha = \frac{p_{пара}}{p} = \frac{P_{пар}}{RT \cdot p} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3} = \frac{15,3}{24,6} \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{array}{r} 24,6 \overline{) 15,3} \\ -15,3 \quad 1,5 \\ \hline 9,30 \\ 9,30 \quad 5 \end{array}$$

$$\alpha \approx 1,5 \cdot 10^{-3}$$

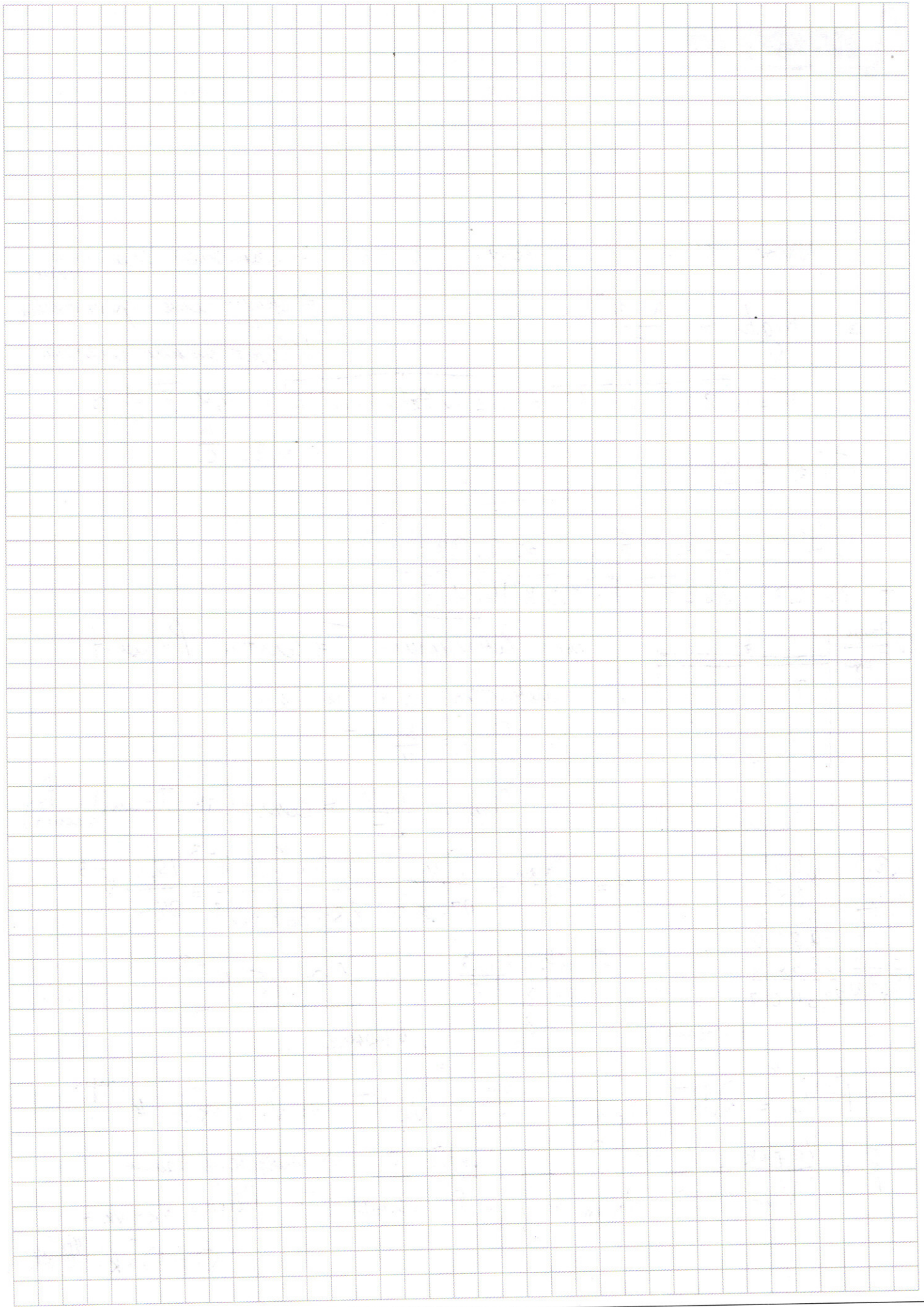
в начале

в конце

$$P V_H = \gamma_H RT \quad V_{пара} \quad P \cdot \frac{V_H}{\gamma} = \gamma_K RT \Rightarrow \gamma_H = \gamma \gamma_K$$

$$\beta = \frac{V_{пара}}{V_{возд}} = \frac{V_H \cdot P}{\gamma \cdot \gamma_{возд} \cdot M} = \frac{\gamma_K RT \cdot P}{P \cdot \gamma_{возд} M} \Rightarrow \text{конденсировано}$$

$$\text{т.е. } \gamma_{возд} = \gamma_H - \gamma_K = (\gamma - 1) \gamma_K$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\beta \approx \frac{\Delta_k}{\Delta_{\log n}} \cdot \frac{RT_p}{P_{\mu}} = \frac{\Delta_k}{(\gamma-1)\Delta_k} \cdot \frac{RT_p}{P_{\mu}} = \frac{RT_p}{(\gamma-1)P_{\mu}} = \frac{8,31 \cdot 3,68 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 8,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8}$$

$$\approx \frac{1}{1,8} \cdot 10^{34} \approx \frac{24,6}{56,61} \cdot 10^3 = \frac{246008}{566} \approx 435$$

$$\frac{100}{1,8} = 55,5$$

$$\begin{array}{r} 15,3 \\ \times 3,7 \\ \hline 1071 \\ 4590 \\ \hline 56,61 \end{array}$$

$$8,31 \cdot 3,68 = 24,6008 \approx 24,6$$

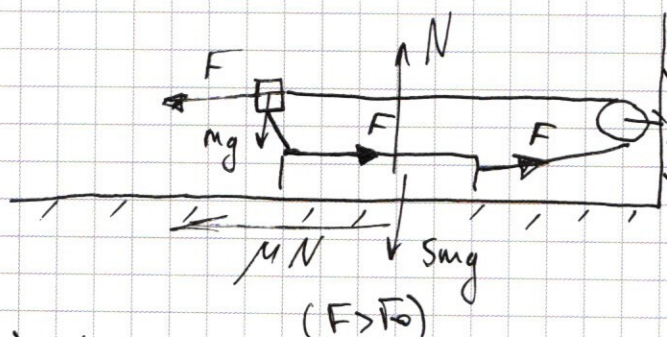
$$8,5 \cdot 3,7 \cdot 1,8 = 15,3 \cdot 3,7 = 56,61$$

$$\frac{24,6008}{56,61}$$

$$\begin{array}{r} 246008 \quad | \quad 566 \\ \underline{2264} \phantom{00} \\ 1960 \phantom{00} \\ \underline{1698} \phantom{00} \\ 2628 \phantom{00} \\ \underline{0} \phantom{00} \end{array}$$

Ответ:  $\alpha = \frac{p_{\text{пара}}}{p} = 1,5 \cdot 10^{-3}$   $\beta = \frac{V_{\text{пара}}}{V_{\log n}} \approx 435$

N2



1) при движении  
 $N = 6mg$

2) на ящик:

$$2F_0 = \mu \cdot 6mg \quad (a=0)$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

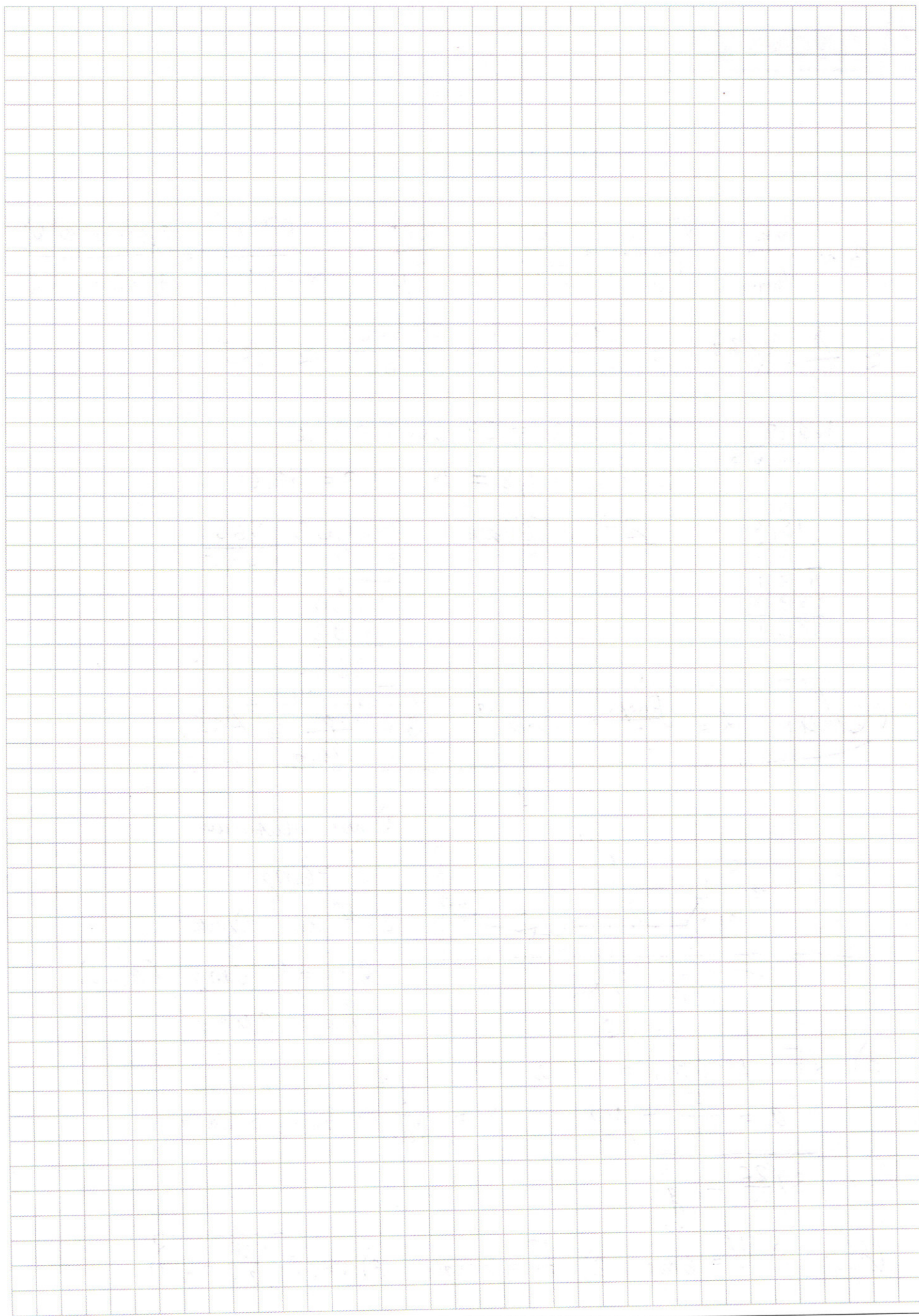
3)  $2F - \mu \cdot 6mg = 6ma \Rightarrow$

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$S = \frac{V_k^2}{2a} \Rightarrow V_k = \sqrt{S \cdot 2a}$$

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

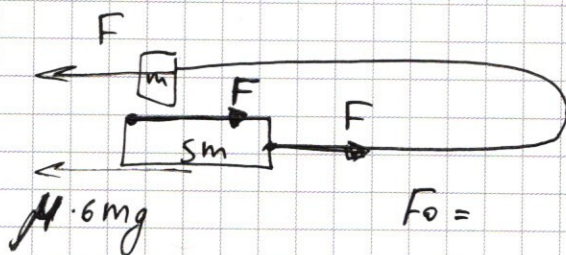
Ответ: 1)  $N = 6mg$  2)  $F_0 = 3\mu mg$  3)  $v = \sqrt{S \left( \frac{2F}{3m} - 2\mu g \right)}$

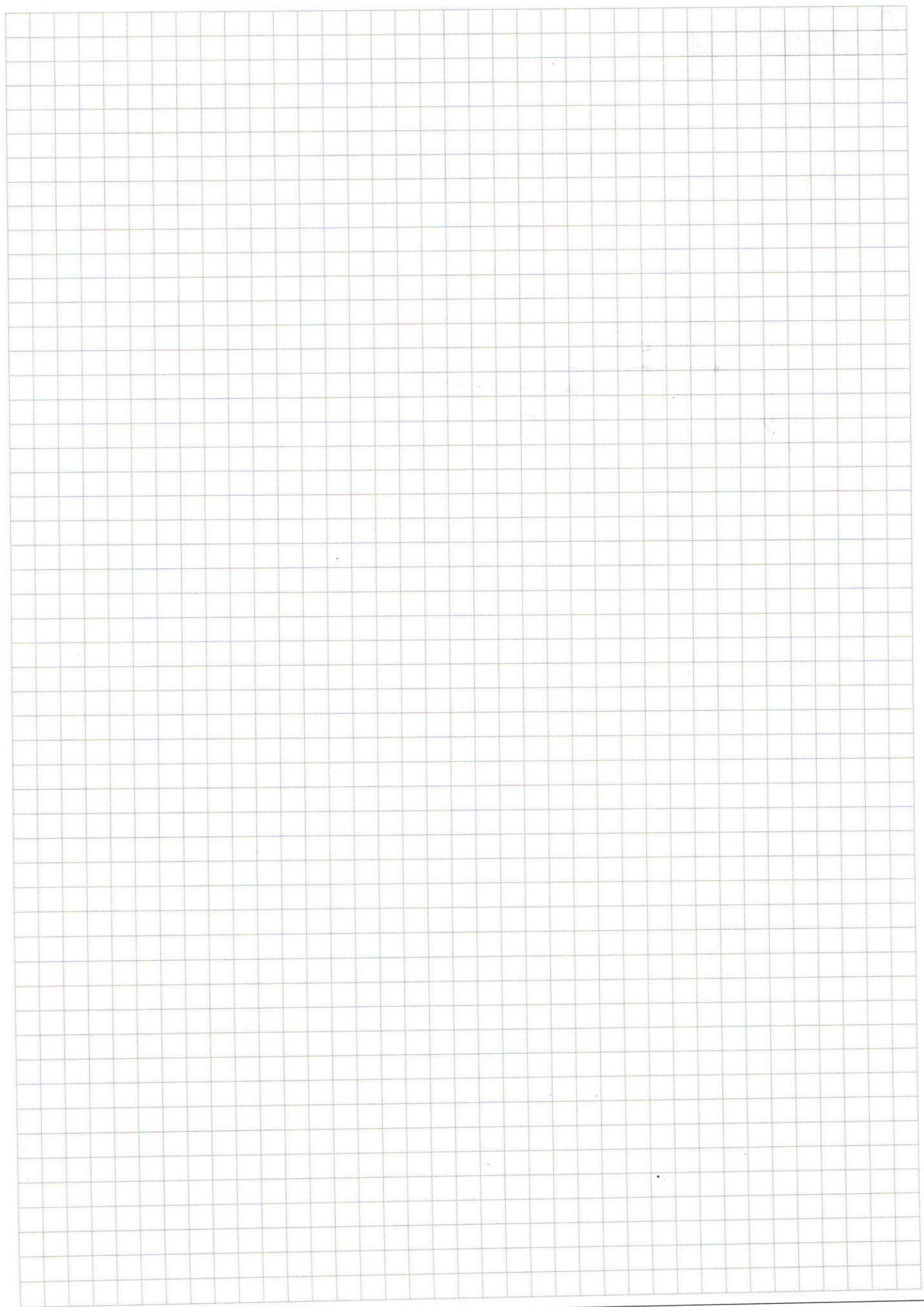


☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





☐ 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)