

# Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

## Вариант 10-01

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

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?

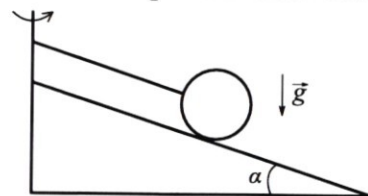
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

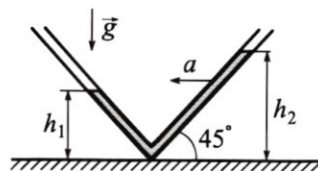


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах  $h_1 = 8$  см и  $h_2 = 12$  см.

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.

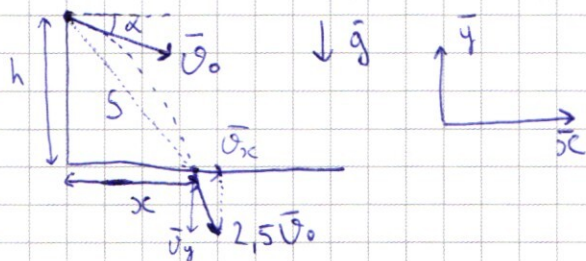
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 4,7$  раза.

Плотность и молярная масса воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 1.



1) т.к. по оси  $x$  нет никакого ускорения  $\Rightarrow v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$

Отсюда по теореме Пифагора найдем  $v_y$ :

$$v_x^2 + v_y^2 = (2,5 v_0)^2$$

$$v_y = \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6} \approx 19,6 \text{ м/с}$$

2) время полета можем найти по формуле скорости:

$$2,5 \vec{v}_0 = \vec{v}_0 + \vec{g} t$$

$$\text{по } y: -v_0 \sin \alpha = -v_y + g t \Rightarrow$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} \approx 1,3 \text{ с.}$$

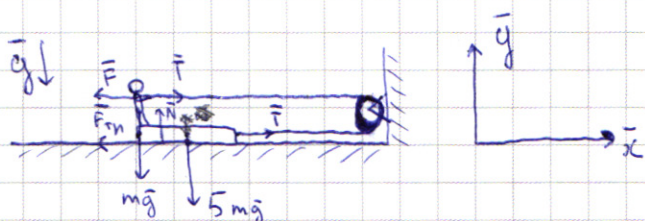
3) горизонтальное смещение найдем с помощью формулы перемещения с учетом времени:

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$\text{по } x: x = v_0 \cos \alpha t \approx 5,2 \text{ м}$$

Ответ:  $v_y = 19,6 \text{ м/с}$ ;  $t = 1,3 \text{ с}$ ;  $x = 5,2 \text{ м}$

### Задача 2.



1) для нахождения силы давления, рассмотрим систему из ящика и человека как единое тело. Запишем 2 закон Ньютона на ось  $y$ :

$$N - 5mg - mg = 0$$

$$N = 6mg$$

2) для того, чтобы ящик начал скользить, сила трения должна достигнуть максимального значения:

$$F_{тр} = \mu N = 6\mu mg. \text{ Сила, с которой тянет человек, равна } T. \text{ (или натяжение троса)}$$

Сила будет минимальной, если  $a = 0$ . Тогда запишем для ящика 2 закон Ньютона на ось  $x$ :

$$F_0 - F_{тр} = ma = 0$$

$$F_0 = 6\mu mg$$

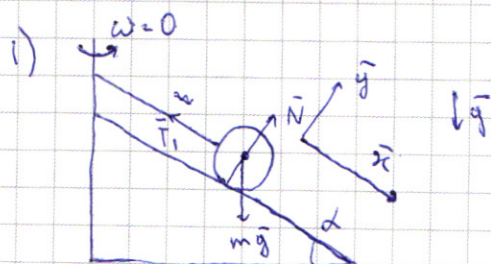
3) В этом случае  $a \neq 0$ :

$$F - F_{тр} = 5ma$$

$$a = \frac{F - 6\mu mg}{5m}$$

Ответ:  $N = 6mg$ ;  $F_0 = 6\mu mg$ ;  $a = \frac{F - 6\mu mg}{5m}$

Задача 3.

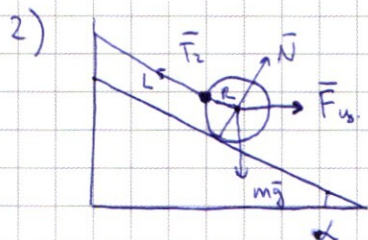


Запишем 2 закон Ньютона для шара на ось  $x$ :

$$T_1 - mg \sin \alpha = 0$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



избавимся от центростремительного ускорения, введя центробежную силу:

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

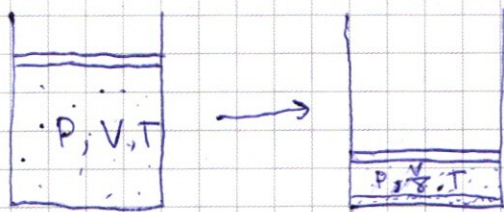
Запишем 2 закон Ньютона для шара на ~~оси~~ <sup>оси</sup> x:

$$T_2 - mg\sin\alpha - F_{\text{ц}}\cos\alpha = 0$$

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

Ответ:  $T_1 = mg\sin\alpha$ ;  $T_2 = mg\sin\alpha + m\omega^2(R+L)\cos^2\alpha$

Задача 5.



1) для нахождения плотности пара, запишем уравнение состояния через плотность:

$$P = \frac{\rho R T}{M}$$

$$T = t + 273 \text{ K} = 368 \text{ K}$$

$$\rho_n = \frac{MP}{RT} \approx 0,5 \text{ кг/м}^3, \text{ значит:}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho} \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

2) пусть начальный объем пара равен  $V$ . Тогда конечный объем пара -  $\frac{V}{8}$ . Масса сконденсировавшегося пара:

$$m = \rho_n V \left(1 - \frac{1}{8}\right)$$

тогда объем воды:

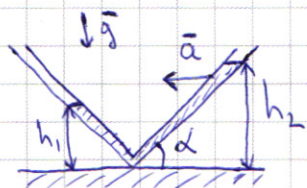
$$V_b = \frac{m}{\rho} = \frac{\rho_n V \left(1 - \frac{1}{8}\right)}{\rho} = 0,0005 V \left(1 - \frac{1}{8}\right)$$

тогда отношение объемов:

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{2000}{8-1} = 540$$

Ответ:  $\frac{\rho_n}{\rho} = 5 \cdot 10^{-4}$ ;  $\frac{V_n}{V_b} = 540$

Задача 4.



$\cos \alpha = \sin \alpha$ , поэтому для удобства  
вернее будет писать  $\cos \alpha$ .  
 $g_{\text{эфф}}$  - эффективное ускорение свободного падения

1) перейдем в СО трубки, тогда на жидкость начнет действовать сила инерции. Тогда понятно, чем обусловлена разность уровней жидкости в коленках: по проекции  $\vec{g}_{\text{эфф}}$  на оси колен разные. Для левого колена:  $(g+a)_{\cos \alpha}$ , для правого:  $(g-a)_{\cos \alpha}$ . И.к. в этой системе жидкость покоится, то по закону Паскаля давления в левом и правом коленках равны, значит:

$$\frac{g+a}{g-a} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} = 2 \text{ м/с}^2$$

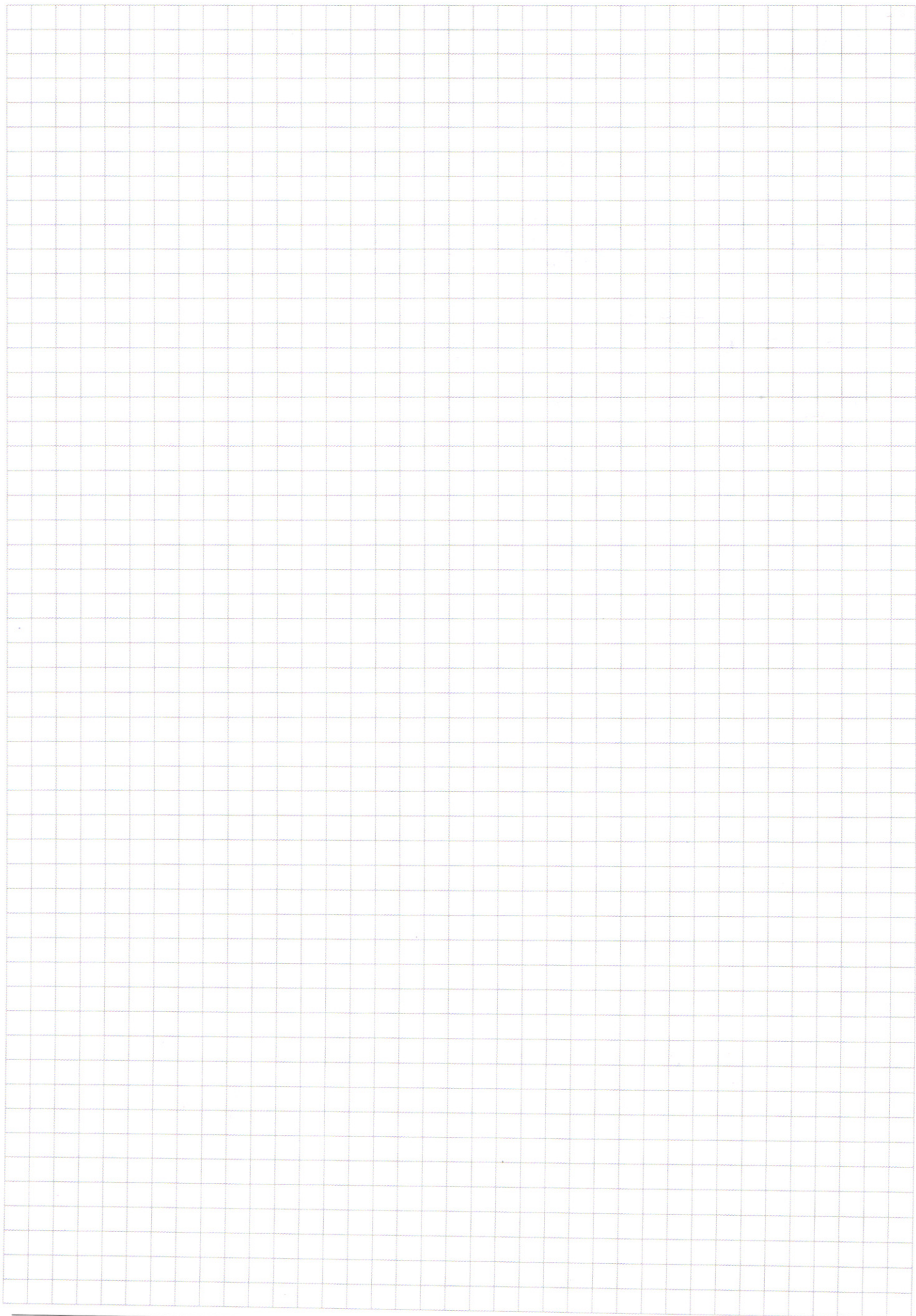
2) максимальная скорость соответствует минимуму потенциальной энергии, т.е. когда уровни жидкости сравняются в обоих коленках. Пусть масса единицы длины жидкости равна  $\mu$ . Тогда запишем закон сохранения энергии:

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{\mu g h_1^2}{2 \cos \alpha} + \frac{\mu g h_2^2}{2 \cos \alpha} = \frac{\mu g (h_1 + h_2)^2}{4 \cos \alpha} + \frac{\mu (h_1 + h_2) v^2}{2 \cos \alpha}$$

$$v = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = 0,2 \text{ м/с}$$

Ответ:  $a = 2 \text{ м/с}^2$ ;  $v = 0,2 \text{ м/с}$ .



☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{3} = 1,73$$

$$\sqrt{2} = 1,4$$

$$\begin{array}{r} 1,7 \\ \times 1,4 \\ \hline 68 \\ 17 \\ \hline 2,38 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,38 \\ \times 2,8 \\ \hline 17,44 \end{array}$$

$$N = 6 \text{ mg}$$

$$T = 6 \text{ mg} = \text{ma}$$

$$\begin{array}{r} F - T \\ + 30 \\ + 5 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 53 \\ \times 37 \\ \hline 371 \\ 159 \\ \hline 1961 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 196 \\ \times 196 \\ \hline 19176 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,018 \cdot 85000 \\ \hline 8,31 \cdot 368 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 196 \\ \times 19 \\ \hline 171 \\ 19 \\ \hline 361 \end{array}$$

$$= 1530$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 19 \\ \hline 171 \\ 19 \\ \hline 361 \end{array}$$

$$\frac{17,4 - 6,8}{10} = 1,06$$

$$\frac{17,4 - 6,8}{10} = 1,06$$

$$\frac{10,6}{10} = 1,06$$

$$\frac{x}{x} \cdot \frac{x}{0,0005x(x-1)} = 2 - ?$$

$$0,018$$

$$\begin{array}{r} 196 \\ \times 196 \\ \hline 1176 \\ 1764 \\ 196 \\ \hline 38416 \end{array}$$

$$\frac{1}{5} = 0,2 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r} 231 \\ \times 368 \\ \hline 6648 \\ 1386 \\ 2493 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 6 \\ \hline 384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 368 \\ \hline 6648 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 3058,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 54 \\ \times 37 \\ \hline 378 \\ 162 \\ \hline 1998 \end{array}$$

$$(g-a) \cos 45$$

$$(g+a) \cos 45$$

$$\frac{19,6 - 6,89}{10} = 1,27$$

$$P(g-a) \cos 45 =$$

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

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

$$2,38$$

$$\begin{array}{r} 175 \\ \times 175 \\ \hline 875 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1225 \\ 175 \\ \hline 30625 \end{array}$$

$$gh_1 + ah_1 = gh_2 - ah_2$$

$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = \frac{g}{5} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 28 \end{array}$$

2. 2g

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 6 \\ \hline 384 \end{array}$$

$$\frac{\mu gh_1^2}{2 \cos \alpha} + \frac{\mu gh_2^2}{2 \cos \alpha} = 2 \cdot \frac{\mu g(h_1 + h_2)^2}{4 \cos \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 87 \\ \times 8 \\ \hline 696 \\ 6,9 \end{array}$$

$$\frac{\mu h_1}{\cos \alpha} \cdot \frac{h_1}{2} \cdot g$$

$$0,04 \sqrt{\frac{5}{0,2}} = 0,04 \sqrt{25} = 0,04 \cdot 5 = 0,2$$

$$\frac{\mu gh_1^2}{2 \cos \alpha} \quad 64 \cdot \frac{3}{4} = 48$$

$$2,45 \cdot 8 =$$

$$\frac{\mu g(h_1^2 + h_2^2)}{2 \cos \alpha} = \mu g h_1 h_2 \quad \frac{\mu(h_1 + h_2)}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{h_1 + h_2}{4} \cdot 2$$

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

$$\frac{g(h_1 - h_2)^2}{2(h_1 + h_2)}$$

$$\begin{array}{r} 2,45 \\ \times 8 \\ \hline 19,60 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 576 \\ 25 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2000 \\ 54 \\ \times 37 \\ \hline 378 \\ 162 \\ \hline 1998 \end{array}$$



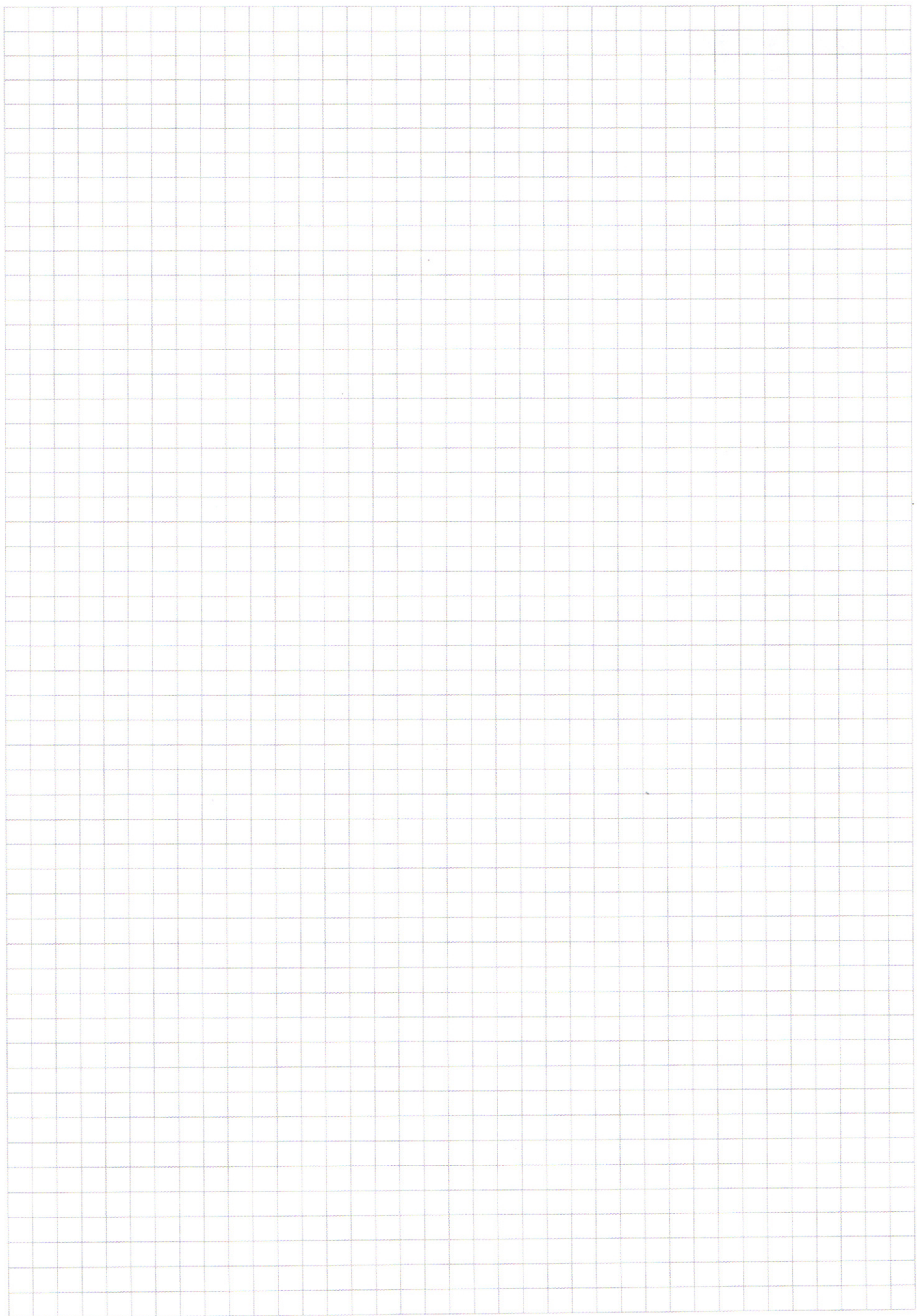
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)