

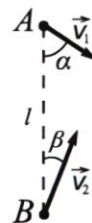
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

## Вариант 09-01

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

1. Корабль  $A$  и торпеда  $B$  в некоторый момент времени находятся на расстоянии  $l = 1$  км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля  $V_1 = 10$  м/с, угол  $\alpha = 60^\circ$ . Скорость торпеды  $V_2 = 20$  м/с. Угол  $\beta$  таков, что торпеда попадет в цель.



1) Найдите  $\sin \beta$ .

2) Через какое время  $T$  расстояние между кораблем и торпедой составит  $S = 770$  м?

2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом  $\varphi$  к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии  $S = 0,8$  км от точки старта.

1) Под каким углом  $\varphi$  к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину  $V_0$  начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна  $V_1 = 1$  м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты  $h = 0,8$  м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость  $V_2$  шарика перед соударением.

2) Найдите величину  $a$  ускорения бруска перед соударением.

Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями  $V_1 = 60$  м/с и  $V_2 = 80$  м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью  $V$  движутся слипшиеся шарики?

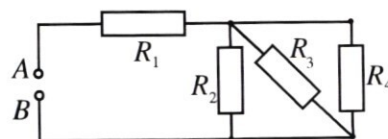
2) На сколько  $\Delta t$  (°C) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца  $c = 130$  Дж/(кг·°C). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов  $R_1 = 3 \cdot r$ ,  $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$ ,  $R_4 = 4 \cdot r$ . На вход АВ схемы подают напряжение  $U = 38$  В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление  $R_{AB}$  цепи.

2) Какой силы  $I$  ток будет течь через резистор  $R_4$  при  $r = 10$  Ом?





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

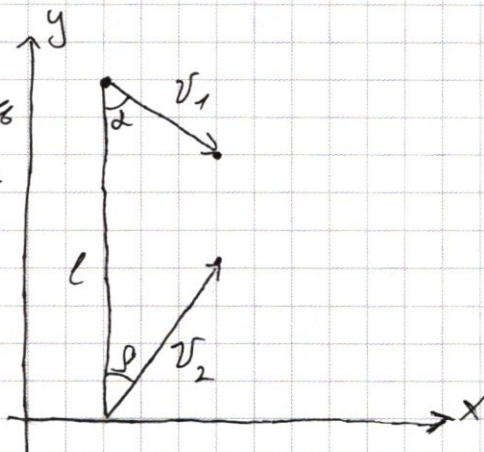
N1

Поскольку торпеда врежется  
в корабль ил створит  
по оси x равен:  $v_{1x} = v_{2x}$

$$v_{1x} = v_1 \cdot \sin(\alpha)$$

$$v_{2x} = v_2 \cdot \sin(\beta)$$

$$\sin(\beta) = \frac{v_1 \cdot \sin(\alpha)}{v_2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$



Найдём скорость сближения торпеды  
и корабля по оси y ( $v_y$ )

$$v_y = v_{1y} + v_{2y} = v_1 \cdot \cos(\alpha) + v_2 \cdot \cos(\beta) =$$

$$= v_1 \cdot \frac{1}{2} + v_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = 5 \frac{m}{c} + 5\sqrt{13} \frac{m}{c}$$

$$T \cdot v_y = l - S$$

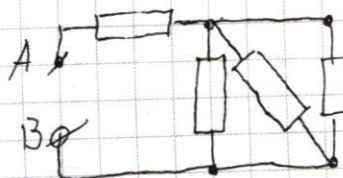
$$T = \frac{l - S}{v_y} = \frac{230 m}{5(1 + \sqrt{13}) \frac{m}{c}} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} c \approx 10 c$$

Ответ:  $\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 10 c$ .

N5

$$R_{AB} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = 3r + \frac{r}{\frac{5}{4}} =$$

$$= 3,8r$$



$I_{AB}$  - весь ток в схеме

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38В}{38Ом} = 1А$$

$I_j$  - ток через резистор;

$$I_2 = I_3$$

$$\frac{I_4}{I_2} = \frac{R_2}{R_4} = \frac{1}{2}$$

$$I_2 + I_3 + I_4 = I_{AB}$$

$$5I_4 = 5I = I_{AB}$$

$$I = \frac{I_{AB}}{5} = 0,2А$$

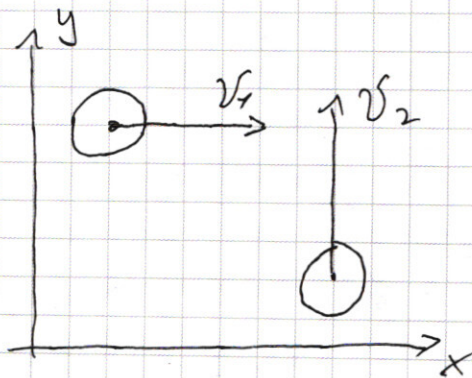
Ответ: 3,8 В ; 0,2 А.

$m$  - масса шарика <sup>N4</sup>

$v$  - скорость после удара

$v_x$  - проекция  $v$  на ось  $x$

$v_y$  - проекция  $v$  на ось  $y$



$$2m \cdot v_x = m \cdot v_1$$

$$2m \cdot v_y = m \cdot v_2$$

закон сохранения  
импульса

$$v_x = \frac{v_1}{2}, \quad v_y = \frac{v_2}{2}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{2} = \frac{100 \frac{м}{с}}{2} = 50 \frac{м}{с}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Напишем закон сохранения энергии

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2m}{2} v^2 + Q, \text{ где } Q - \text{ количество}$$

теплоты на нагрев

$$Q = \frac{m(v_1^2 + v_2^2 - 2v^2)}{2} = \frac{m(3600 + 6400 - 5000) \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = 2500m \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = 19,23^\circ\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 13} \\ \underline{13} \phantom{0} \\ 120 \\ \underline{117} \\ 30 \\ \underline{26} \\ 40 \\ \underline{39} \\ 1 \end{array}$$

Ответ:  $50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $19,23^\circ\text{C}$ .

N3

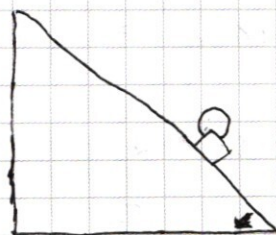
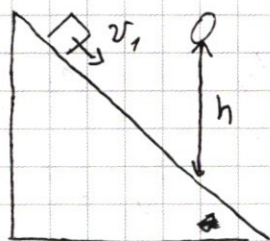
Напишем закон сохранения энергии:

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}, \text{ где } m - \text{ масса шарика}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$t$  — время падения шарика

$$v_2 = gt \quad t = \frac{v_2}{g} = 0,4 \text{ с}$$



с другой стороны  $t$  - это время за которое затормозит объект

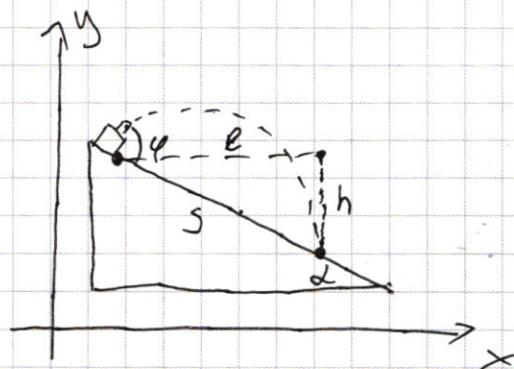
$$at = v_1$$

$$a = \frac{v_1}{t} = \frac{\frac{1}{4} \frac{m}{c}}{0,4c} = \frac{10}{4} \frac{m}{c^2} = 2,5 \frac{m}{c^2}$$

Ответ:  $4 \frac{m}{c}$ ;  $2,5 \frac{m}{c^2}$ .

$v_{0x}$  - скорость по оси  $x$ .

$v_{0y}$  - скорость в начале по оси  $y$ .



$l$  - перемещение по оси  $x$ .

$h$  - перемещение по оси  $y$ .

$$l = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi - \alpha)$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin(\varphi - \alpha).$$

$$h = \frac{gt^2}{2} - v_{0y} \cdot t = \frac{gt^2}{2} - v_0 \cdot t \cdot \sin(\varphi - \alpha)$$

$$h = l \cdot \tan(\alpha) = \frac{\sqrt{3}}{3} l$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} v_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi - \alpha) = \frac{gt^2}{2} - v_0 \cdot t \cdot \sin(\varphi - \alpha)$$

$$t = \frac{2v_0 (\frac{\sqrt{3}}{3} \cos(\varphi - \alpha) + \sin(\varphi - \alpha))}{g}$$

$t$  максимальна когда  $\frac{\sqrt{3}}{3} \cos(\varphi - \alpha) + \sin(\varphi - \alpha)$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

максимума.

$$\frac{\sqrt{3}}{3} \cos(\varphi - \alpha) + \sin(\varphi - \alpha) = X$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} \cos(\varphi - \alpha) - X = \sqrt{1 - \cos(\varphi - \alpha)^2}$$

$$\frac{\cos(\varphi - \alpha)^2}{3} + X^2 - \frac{2\sqrt{3}}{3} \cos(\varphi - \alpha) \cdot X + \cos(\varphi - \alpha)^2 - 1 = 0$$

$$D = \frac{4}{3} X^2 - 4 \cdot \frac{4}{3} (X^2 - 1) = 0$$

если  $X$  максимизируется  
у уравнения  
1 корень

$$\frac{16}{3} = 4 X^2$$

$$X^2 = \frac{4}{3}$$

$$X = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{4}{3} \cos(\varphi - \alpha)^2 - \frac{4}{3} \cos(\varphi - \alpha) + \frac{1}{3} = 0$$

$$\cos(\varphi - \alpha) = \frac{\frac{4}{3} \pm \sqrt{16 - 4 \cdot 4}}{2 \cdot 4} = \frac{1}{2}$$

$$\varphi - \alpha = 60^\circ$$

$$\varphi = 90^\circ$$

$$l = v_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi - \alpha)$$

$$t = \frac{l}{v_0 \cdot \cos(\varphi - \alpha)} = \frac{5 \cdot \cos(\alpha)}{v_0 \cdot \cos(\varphi - \alpha)}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 800 \text{ м}}{v_0}$$

$$h = -v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$5 \cdot \sin(\alpha) = \frac{g \cdot (800\sqrt{3})^2}{2 v_0^2} - \sqrt{3} \cdot 800 \text{ м}$$

$$400 \text{ м} \cdot v_0^2 + \sqrt{3} \cdot 800 \text{ м} v_0^2 = 614,3200000 \cdot 3 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{8000 \cdot 3}{1+2\sqrt{3}}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{60}{4,4}} \approx$$

$$\approx 20 \cdot \sqrt{13,6} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 20 \cdot 3,7 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 74 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 1,75 \\ 10,5 \\ \hline 12,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,8 \\ \times 3,8 \\ \hline 2,16 \\ 10,8 \\ \hline 12,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \times 3,7 \\ \hline 2,59 \\ 14,1 \\ \hline 13,69 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 600 \overline{) 44} \\ 44 \overline{) 13,6} \\ \hline 160 \\ - 132 \\ \hline 280 \\ - 264 \\ \hline 16 \end{array}$$

Ответ:  $90^\circ$ ;  $74 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .



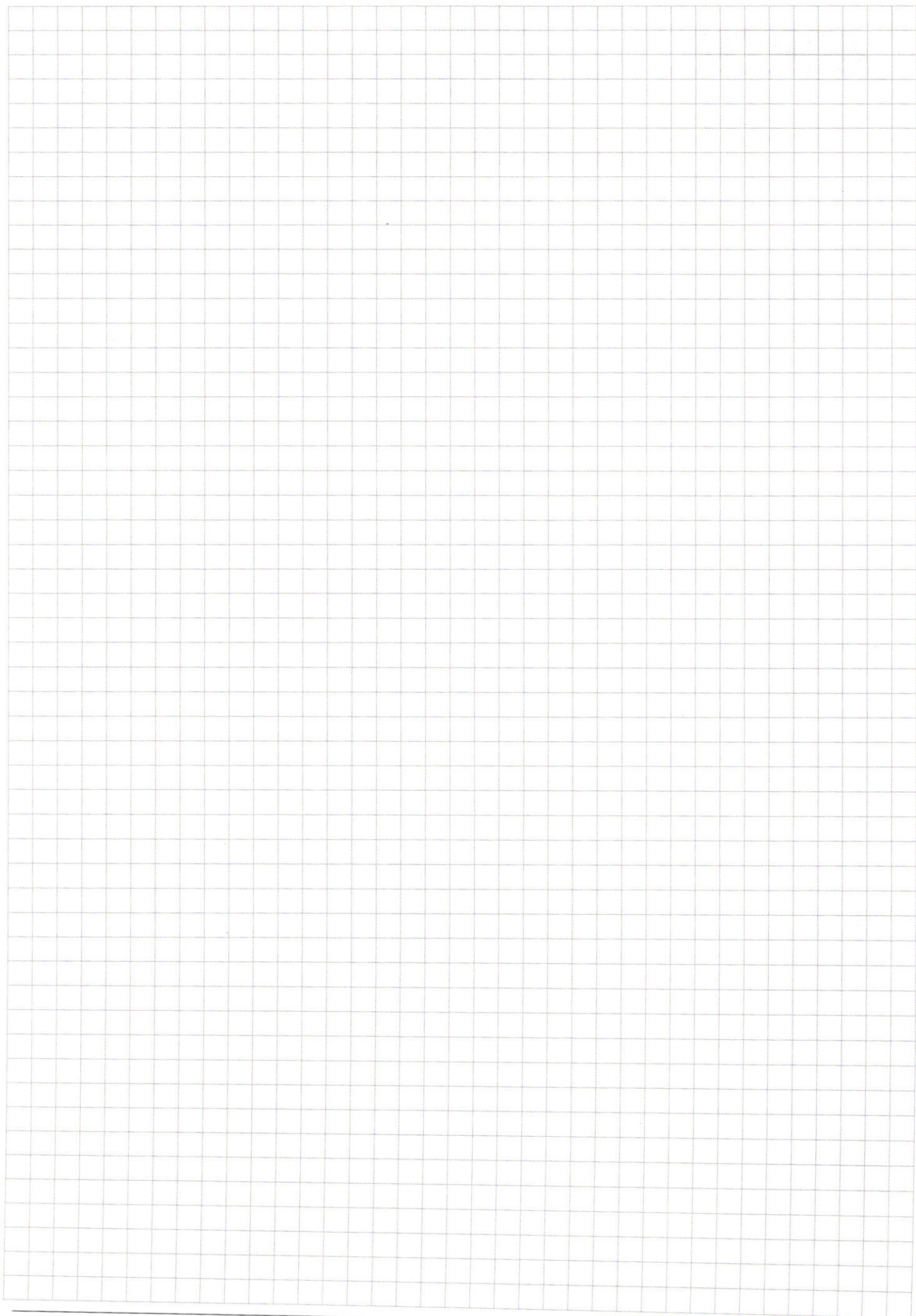
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



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)