

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-02

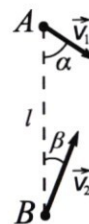
Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ км друг от друга (см. рис.) Скорость корабля $V_1 = 8$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$, угол $\beta = 30^\circ$. Скорость V_2 торпеды такова, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите скорость V_2 торпеды.

2) На каком расстоянии S будут находиться корабль и торпеда через $T = 25$ с?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 1,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом β к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². Пластиновый шарик, движущийся по вертикали, падает на брусок и прилипает к нему, а брусок останавливается. Продолжительность полета шарика до соударения $T = 0,2$ с. Начальная скорость шарика нулевая.

1) Найдите скорость V_1 шарика перед соударением.

2) Найдите скорость V_2 бруска перед соударением.

Движение шарика до соударения – свободное падение. Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

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

4. Два одинаковых шарика движутся по взаимно перпендикулярным прямым и слипаются в результате абсолютно неупругого удара. После слипания скорость шариков $V = 25$ м/с. Скорость одного из шариков перед слипанием $V_1 = 30$ м/с.

1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

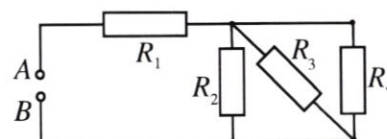
2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °С. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 , R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5.

$$R_1 = 2r$$

$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$R_4 = r$$

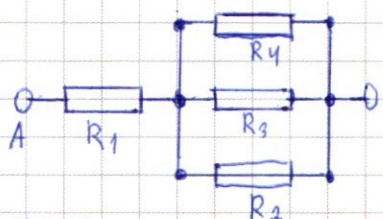
$$U = 8 \text{ B}$$

$$r = 6 \text{ cm}$$

1.) $R_{AB} = ?$

2.) $P = ?$

Эквивалентная схема:



$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{3}{2r} \Rightarrow R_{234} = \frac{2}{3}r$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 2r + \frac{2}{3}r = \frac{8}{3}r$$

$$R_{AB} = \frac{8}{3}r$$

$$I_1 = I$$

$$U = I R_{AB} \Rightarrow I = \frac{U}{\frac{8}{3}r} = \frac{3U}{8r} = \frac{1}{1} \frac{8 \cdot 8' B}{8 \cdot 8 \cdot 4u} = 0,5 A = I_1$$

$$U = U_1 + U_{234}; \quad U_{234} = U_2 = U_3 = U_4 = U'$$

$$U_1 = I_1 R_1 = I_1 \cdot 2r = 0,5 \text{ A} \cdot 2 \cdot 6 \Omega = 6 \text{ B}$$

$$U' = U - U_1 = 8B - 6B = 2B$$

$$P = P_2 + P_3 + P_4$$

$$P_2 = \frac{W_2^2}{R_2} = \frac{(2B)^2}{4 \cdot 60W} = \frac{1}{6} B^2 m$$

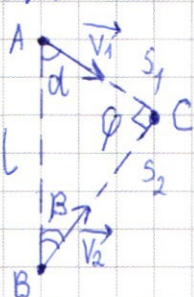
$$p_3 = \frac{u^2}{B_3} = \frac{(2B)^2}{4 \cdot 10^4} = \frac{1}{6} B_m$$

$$P_4 = \frac{U^2}{R_4} = \frac{(2.3)^2}{60\Omega} = \frac{2}{3} \text{ W}$$

$$P = \frac{1}{6} B_m + \frac{1}{6} B_m + \frac{2}{3} B_m = 1 B_m$$

Übungen: 1.) $R_{AB} = \frac{8}{3} r$; 2.) $p = 1,3 \text{ m}$

N1.



C-точка встречи

$$\phi = 180^\circ - \alpha - \beta = 180^\circ - 60^\circ - 30^\circ = 90^\circ$$

$$S_1 = L \cdot \cos d$$

$S_2 = 1$: sind

$$f(x) = \frac{1}{x^2} = x^{-2}$$

$$J_1 = V_1 C$$

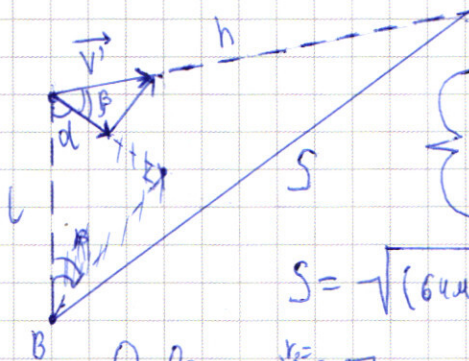
$$\Leftrightarrow \begin{cases} L \cdot \sin d = v_2 t \\ L \cdot \cos d = v_1 t \end{cases} \Rightarrow \frac{L \cdot \sin d}{L \cdot \cos d} = \frac{v_2 t}{v_1 t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \tan \alpha$$

$$V_2 = 8\sqrt{3} \text{ m/c}$$



V' - скорость корабля относительно берега (скорость берега относительно себя равна 0)
 $V' = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$
 $V' = V_1 + V_2$



$$d + \beta = 60^\circ + 30^\circ = 90^\circ$$

$$\begin{cases} h = V' T \\ S = \sqrt{h^2 + l^2} \end{cases} \Rightarrow S = \sqrt{(V_1^2 + V_2^2) T^2 + l^2}$$

$$S = \sqrt{(64 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 100 \text{ м}^2/\text{с}^2) \cdot 625 \text{ с} + 640000 \text{ м}^2} = \sqrt{800000} \text{ м} = 400\sqrt{5} \text{ м}$$

Ответ: 1.) $8\sqrt{3} \text{ м/с}$; 2.) $S = 400\sqrt{5} \text{ м}$

№4.

$V = 25 \text{ м/с}$
 $V_1 = 30 \text{ м/с}$
 $\Delta t = 1,35^\circ \text{C}$
 1.) $V_2 = ?$
 2.) $c = ?$

$$\text{ЗЗН: } \begin{cases} m'V = mV_1 + mV_2 \\ m' = 2m \end{cases} \Rightarrow 2mV = m(V_1 + V_2) \Rightarrow V_2 = 2V - V_1$$

$$V_2 = 2 \cdot 25 \text{ м/с} - 30 \text{ м/с} = 20 \text{ м/с}$$

$$\text{ЗЗЭ: } \begin{cases} E_1 + E_2 = E + Q \\ E_1 = \frac{mV_1^2}{2} \\ E_2 = \frac{mV_2^2}{2} \\ E = \frac{2mV^2}{2} = mV^2 \\ Q = c \cdot 2m\Delta t \end{cases} \Rightarrow \frac{m}{2} (V_1^2 + V_2^2) = m(V^2 + 2c\Delta t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4\Delta t}$$

$$c = \frac{900 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 400 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 1250 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \cdot 1,35^\circ \text{C}} = \frac{50 \text{ м}^2/\text{с}^2}{5,4^\circ \text{C}} = 9,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\text{Дж} = \text{кг} \cdot (\text{м}^2/\text{с}^2)$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} = \frac{\text{м}^2/\text{с}^2}{^\circ \text{C}}$$

Ответ: 1.) $V_2 = 20 \text{ м/с}$; 2.) $c = 9,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$

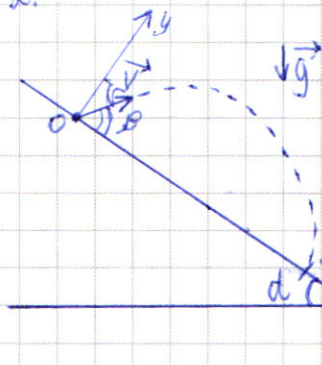
№2 (на следующей странице)

$$\sin d = 0,6$$

$$S = 1800 \text{ м}$$

$$\beta = ? \quad 1.)$$

$$L = ? \quad 2.)$$



$$(1) \text{ OY: } 0 = v \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{g \cdot \cos d \cdot t^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{2v \sin \beta}{g \cdot \sin d \cdot \cos d} \quad g, \sin d, v \text{ не изменяются}$$

формулы (параметры не меняются, т.к. проекция скорости на ось x не меняется) $\Rightarrow$ время полета равно

уравнению $\sin \beta \Rightarrow \beta = 90^\circ$, т.к. по условию продолжительность полета наибольшая, а наибольшая будет при 90° .

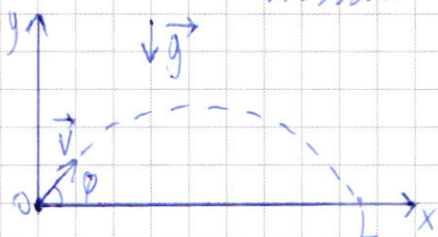
$$\text{OX: } S = v \cdot \cos \beta \cdot t + \frac{g \cdot \sin d \cdot t^2}{2} \quad (2)$$

$$(1) \text{ и } (2): \quad S = \frac{2v^2 \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}{g \cdot \cos d} + \frac{1}{2} \cdot \frac{g \cdot \sin d}{g^2 \cdot \cos^2 d} \cdot \frac{4v^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cdot \cos^2 d} = \frac{2v^2 \sin \beta (\cos \beta + \sin \beta \cdot \operatorname{tg} d)}{g \cdot \cos d} \Rightarrow$$

$$\cos d = \sqrt{1 - \sin^2 d} = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8; \quad \cos \beta = 0$$

$$\operatorname{tg} d = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4} = \frac{\sin d}{\cos d}; \quad \sin \beta = 1$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{S \cdot g \cdot \cos d}{2 \sin \beta (\cos \beta + \sin \beta \cdot \operatorname{tg} d)}}$$



Наибольшая дальность будет при угле броска $\varphi = 45^\circ$

$$\text{OX: } L = v \cdot \cos \varphi \cdot t$$

$$0 = v \cdot \sin \varphi \cdot t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = \frac{2v \sin \varphi}{g}$$

$$L = \frac{2v^2 \cos \varphi \cdot \sin \varphi}{g}$$

$$v^2 = \frac{1800 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8}{2 \cdot 1 \cdot (0 + 1 \cdot \frac{3}{4})} = \frac{4800 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot 2}{\frac{3}{2}} = 9600 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$L = \frac{2 \cdot 9600 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10 \text{ м/с}^2} = 960 \text{ м}$$

Ответ: 1.) $\beta = 90^\circ$; 2.) $L = 960 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

$a = 2 \text{ м/с}^2$
 $T = 0,2 \text{ с}$
 1.) $V_1 = ?$
 2.) $V_2 = ?$

$$V_1 = gt$$

$$V_1 = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,2 \text{ с} = 2 \text{ м/с}$$

$$h = \frac{gT^2}{2}$$

$$E_{п1} = \frac{mg^2T^2}{2}$$

$$E_{к1} = \frac{mV_1^2}{2}$$

$$E_{к2} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$E_{п1} + E_{к1} = E_{к2}$$

$$\frac{m}{2}(g^2T^2 + V_1^2) = \frac{m}{2}V_2^2$$

$$V_2 = \sqrt{g^2T^2 + V_1^2}$$

$$V_2 = \sqrt{100 \text{ м}^2/\text{с}^4 \cdot 0,04 \text{ с}^2 + 4 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 2\sqrt{2} \text{ м/с}$$

Ответ: $V_1 = 2 \text{ м/с}$; $V_2 = 2\sqrt{2} \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$R_1 = 2r$
 $R_2 = R_3 = 4r$
 $R_4 = r, U = 8\text{В}$
 $R_{AB} = ?$
 $P = ?$

$r = 6\Omega$

$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{1}{2r} + \frac{2}{2r} = \frac{3}{2r}$
 $R_{234} = \frac{2}{3}r$
 $R_{AB} = R_{234} + R_1 = \frac{2}{3}r + 2r = 2\frac{2}{3}r = \frac{8}{3}r$

$P = UI = \frac{U^2}{R}$

$U_1 = I R_1 = IR$
 $U_1 = 2 \cdot 0,5 \text{ А} \cdot 6\Omega = 6\text{В}$

$U = I R_{AB}$
 $I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{8\text{В}}{\frac{8}{3}r} = \frac{3 \cdot 8\text{В}}{8 \cdot 6\Omega} = 0,5\text{А}$

$V = 25\text{ м/с}$
 $V_1 = 30\text{ м/с}$
 $1) V_2 = ?$
 $2) \Delta t = 1,35\text{ с}$
 $C = ?$

$3. \text{С.У.} \quad mv = m_1 v_1 + m_2 v_2$
 $m = m_1 + m_2$
 $m_1 v + m_2 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$
 $m_2 (v - v_2) = m_1 (v_1 - v)$
 $\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1 - v}{v - v_2}$
 $V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$
 $2mv^2 = mv_1^2 + mv_2^2$
 $3. \text{С.У.} \quad \frac{2mv^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2}{2} = \frac{V_1^2 + V_2^2}{2}$
 $V_2 = \sqrt{2 \cdot 25 \cdot 25 - 30 \cdot 30}$
 $1250 - 900 = 350$
 $V_2 = \sqrt{350} \approx 18,7$

$V_2 = 2V - V_1$
 $V_2 = 50\text{ м/с} - 30\text{ м/с} = 20\text{ м/с}$

$\frac{mv^2}{2} = c \Delta t$
 $c = \frac{2v^2}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 25 \cdot 25}{2 \cdot 1,35} = \frac{2500}{2,7} \approx 925,9$

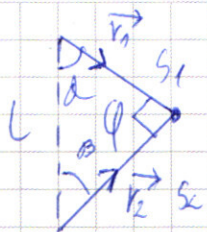
$\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = c \Delta t$
 $c = \frac{V_1^2 + V_2^2}{2 \Delta t} = \frac{30^2 + 20^2}{2 \cdot 1,35} = \frac{900 + 400}{2,7} = \frac{1300}{2,7} \approx 481,5$

$27 = 3^2$
 $100 \cdot 27 = 2700$
 190
 180
 10

1250
 $25 \cdot 25 = 625$
 1250
 195
 24

$1200 \cdot 10 = 12000$
 $1200 \cdot 3,7 = 4440$
 $12000 - 4440 = 7560$
 $7560 / 2,7 = 2800$

$L = 800 \text{ м}$
 $V_1 = 8 \text{ м/с}$
 $d = 60^\circ$
 $\beta = 30^\circ$
 $T = 2 \text{ с}$
 $V_2 = ?$
 $S = ?$



$$S_1 = L \cdot \cos d$$

$$S_2 = L \cdot \sin d$$

$$S_1 = V_1 t$$

$$S_2 = V_2 t$$

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{V_2 \sin d}{V_1 \cos d} = \frac{V_2}{V_1} \tan d$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \tan d$$

$$V_2 = V_1 \tan d = 8 \sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$h = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \cdot t$$

$$1 - 0.36$$

$$0.8 = \cos d$$

$$\begin{array}{r} \times 64 \\ 3 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 192 \\ 84 \\ \hline \times 256 \\ 625 \\ \hline 1280 \\ 512 \\ \hline 1536 \\ 160000 \\ + 640000 \\ \hline 800000 \end{array}$$

$$800000 = 8 \cdot 10^4 \cdot 2.5$$

$$0 = V \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2 \sin \beta}{2}$$

$$S_0 = V \cdot \cos \beta \cdot t + \frac{gt^2 \cos \beta}{2}$$

$$\frac{gt^2 \sin \beta}{2} = V \cdot \sin \beta \cdot t \quad V = \frac{gt \sin \beta}{2 \sin \beta}$$

$$t = \frac{2V \sin \beta}{g \sin \beta}$$

$$S = \frac{V \cos \beta t^2 \sin \beta}{2 \sin \beta} + \frac{gt^2 \cos \beta}{2}$$

$$\tan \beta = \frac{g \sin d t}{25 - g \cos d t} = \frac{g \sin d t}{25 - g \cos d t}$$

$$2.8 = 10 + 6$$

$$2.64 = 100 + 36$$

$$128$$

$$2.8 = 22.22 \cdot 10 + 6$$

$$2.64 = 100 + 64$$

$$\frac{g \sin d}{2} \cdot \frac{V^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 d}$$

$$2mV = pV_1 + pV_2$$

$$V_2 = V - V_1 = 60 - 80 = -20$$

$$mV_1 =$$

$$m = \frac{2mV^2}{2}$$

$$\frac{g \sin d t}{2} = V \cdot \sin \beta$$

$$t = \frac{2V \sin \beta}{g \sin d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T = 0.2 \text{ c}$
 $a = 2 \text{ m/s}^2$
 $V_1 = ?$
 $V_2 = ?$

$V_1 = gT = 2 \text{ m/s}$

$h = \frac{gt^2}{2}$

$mgh + \frac{\mu V_1^2}{2} + \frac{\mu V_2^2}{2} = 0$

$4 \cdot 10^3 \text{ c}^2 + 4 \cdot 10^3 \text{ c}^2$

$2mg \cos \alpha = N$

$2 \mu mg \cos \alpha = 2mg \sin \alpha$

$\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$

$N = mg \cos \alpha$
 $F_{\text{тр}} = \mu mg \sin \alpha$

$\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma$

$c = \frac{Q_0}{m \cdot c}$

$\frac{Q_0}{m \cdot c} = \frac{m \cdot c}{t^2 \cdot k \cdot c}$

$\Delta m = \frac{m^2 \cdot k}{Q_0^2}$

$\cos \beta + \sin \beta$

$\cos \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$

$\cos \beta$

$\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} = 2$

$\frac{2}{4} = 2$

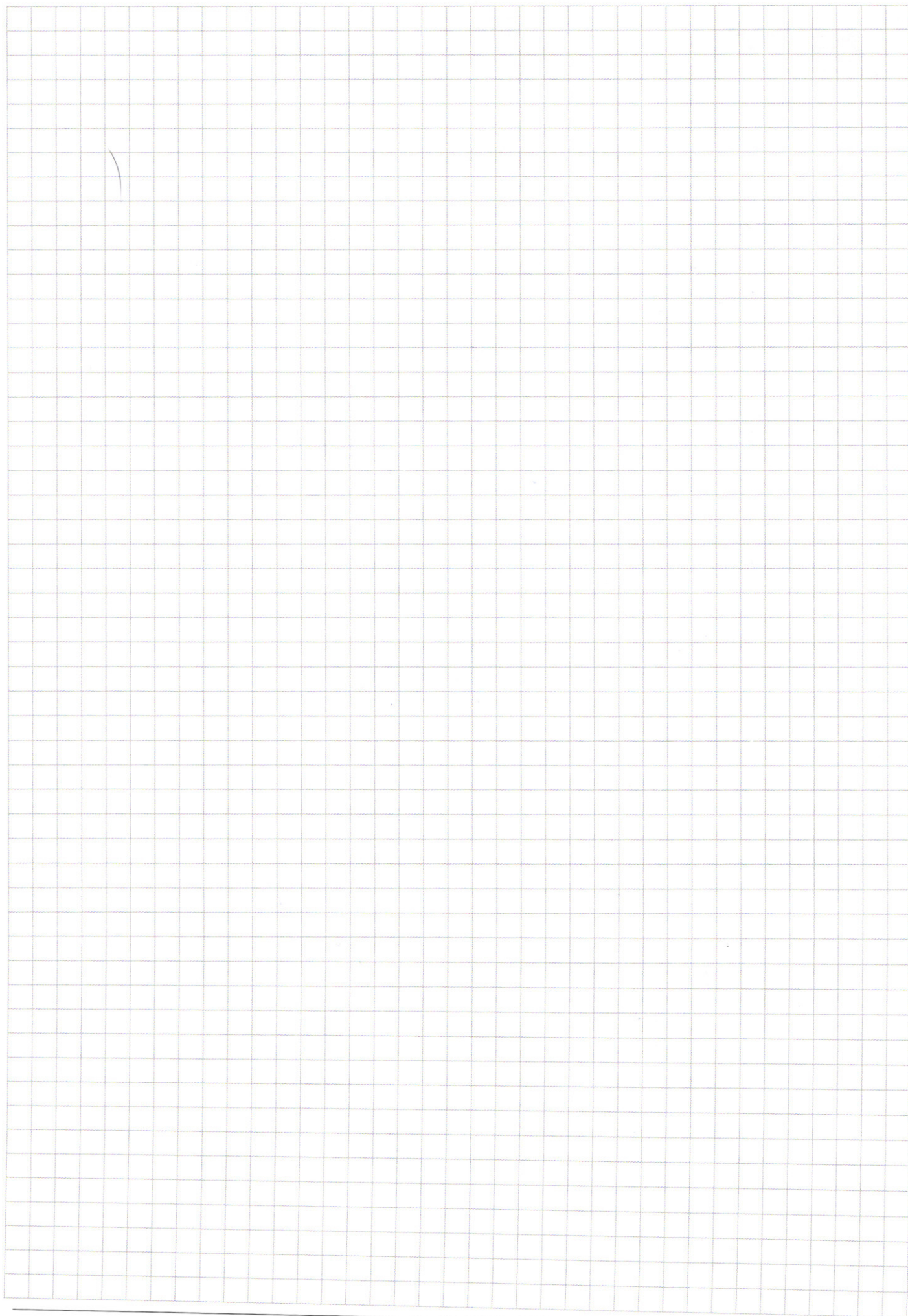
$\frac{gt^2}{2} = v \sin \alpha$

$\frac{gt}{2} = v \sin \alpha$

$t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$

1800
 14400

$14400 \mid 3$
 $12 \quad 14400$
 $24 \quad 28800$
 $24 \quad 0$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



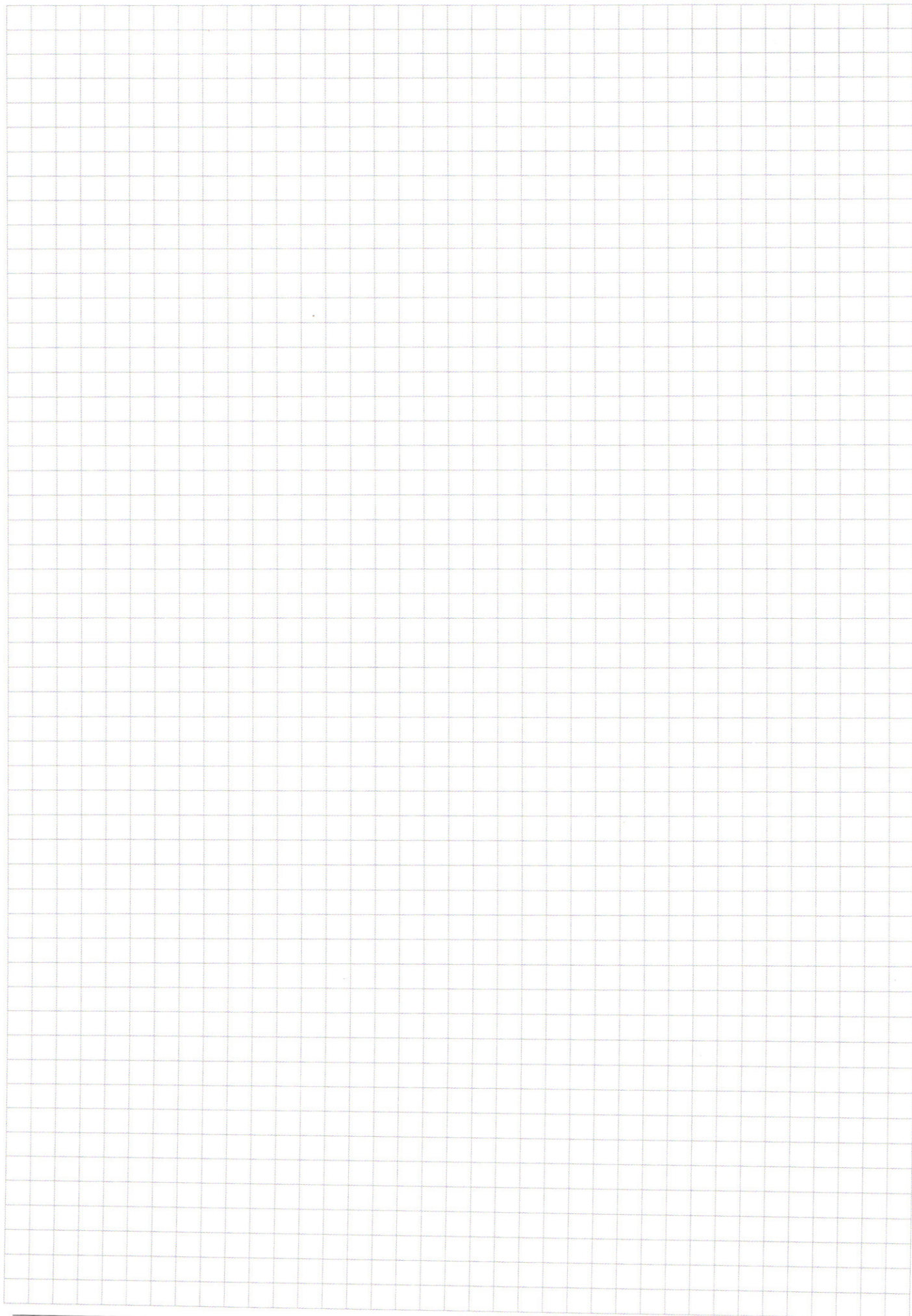
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)