

Олимпиада «Физтех» по физике, 9 класс

Вариант 09-01

Класс 09

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

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 β 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 φ 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 φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

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

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

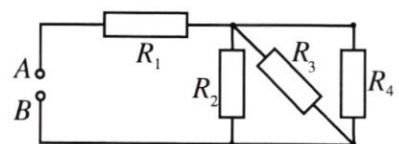
4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

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

2) На сколько Δt (°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 AB 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?

Handwritten calculations for problem 5:

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

$$R_4 = 4r$$

$$U = 38 \text{ В}$$

$$r = 10 \text{ Ом}$$

$$R_{23} = \frac{2r \cdot 2r}{2r + 2r} = r$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{23} + R_4 = 3r + r + 4r = 8r = 80 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38}{80} = 0,475 \text{ А}$$

Handwritten calculations for problem 4:

$$V_1 = 60 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 80 \text{ м/с}$$

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100 \text{ м/с}$$

$$N = mg \cdot h \cdot \sin \alpha$$

$$10 \cdot 0,8$$

$$520$$

Handwritten calculations for problem 2:

$$2500 \cdot 2 = 5000$$

$$L = \sqrt{t} \cdot \cos \alpha$$

$$S = \frac{gt^2}{2} - \sqrt{t} \sin \alpha$$

$$\begin{array}{r}
 3 \\
 36 \\
 36 \\
 216 \\
 108 \\
 \hline
 1296 \\
 32 \\
 3,65 \\
 23,65 \\
 1825 \\
 2190 \\
 10951422 \\
 225
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 2 \\
 3,5 \\
 3,5 \\
 175 \\
 105 \\
 \hline
 1225
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 3,6 - 5 &= 15 + 3 = 18 + 5 \pm \\
 &= 23
 \end{aligned}$$

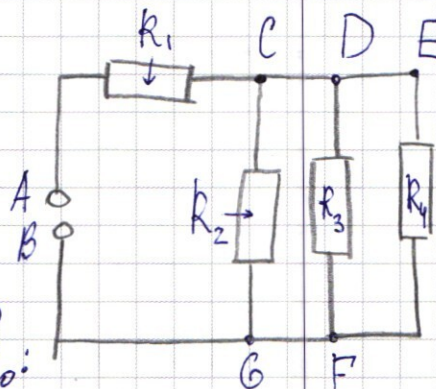
$$\frac{173}{4} = 0,43$$

$$\begin{array}{r}
 52 \\
 173 \\
 173 \\
 173 \\
 519 \\
 1211 \quad 6 \quad 42 \\
 173 \quad 18 \quad 64 \\
 \hline
 29929 \quad 18 \\
 119 \quad 144 \\
 17 \quad 18 \\
 \hline
 2,89 \quad 324
 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

- 1) На схеме резистор R_1 после-
довательно подключен с тремя
параллельно соединенными ре-
зисторами R_2 , R_3 и R_4 ,
общее сопротивление которых R_0 (последних трех):

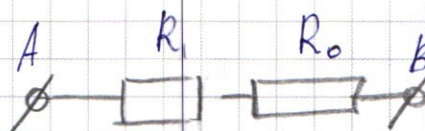


$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r} = \frac{5}{4r} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_0 = \frac{4}{5} r.$$

Зная три резистора эквива-
лентные один, можно посчитать
общее сопротивление цепи:

$$R_{AB} = R_0 + R_1 = \frac{4}{5} r + 3r = 3,8 r.$$



- 2) П.к. $U_{AB} = U = 38 \text{ В}$, а $r = 10 \text{ Ом}$, то общий
ток в цепи — I_0 :

$$I_0 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{38 \text{ В}}{3,8 \cdot 10 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}.$$

Возьмем 2-ой закон Кирхгофа для контура CDFGC:

$$I_2 \cdot 2r = I_3 \cdot 2r; \text{ где } I_2 - \text{ток через } R_2, I_3 - \text{ток через } R_3$$

$$I_2 = I_3.$$

Для контура DEFD:

$$I_3 \cdot 2r = I \cdot 4r; I = \frac{I_3}{2} \Rightarrow I_3 = 2I.$$

П.к. узлы ~~СДК~~ С, D и E соединены перемычками, то они имеют одинаковый потенциал, а значит, их можно стянуть в один узел - С'. Ватимен 1-ый закон Кирхгофа для узла С':

$$I_0 = 2I + 2I + I = 5I.$$

$$I = \frac{I_0}{5} = \frac{1A}{5} = 0,2 A.$$

Ответ. $R_{AB} = 3,8 r$, $I = 0,2 A$.

Задача 1.

- 1) Построим треугольник перемещений для момента, когда торпеда попала в корабль (пусть это было в точке С)

Рассмотрим треугольник $\triangle ABC$.

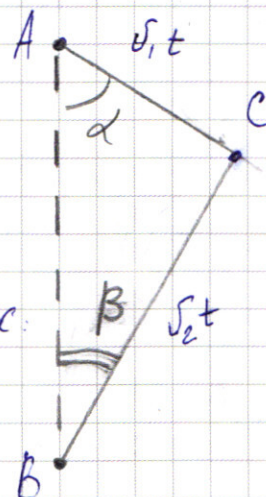
$AC = v_1 t$, где t - время от попадания движения объектов до столкновения.

$$BC = v_2 t.$$

Теорема синусов для треугольника $\triangle ABC$:

$$\frac{v_1 t}{\sin \beta} = \frac{v_2 t}{\sin \alpha}.$$

$$\sin \beta = \frac{v_1}{v_2} \sin \alpha = \frac{10}{20} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}.$$

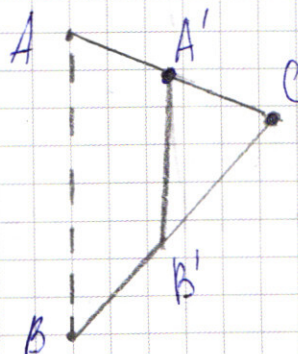


- 2) Построим треугольник перемещений для случая, когда между кораблем и торпедой будет $S = 770$ м.

Пусть через время T корабль будет в точке A' , а торпеда - в B' , тогда

$$AA' = v_1 T$$

$$BB' = v_2 T,$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1. продолж.

П.к. $AA' : BB' = AC : BC \rightarrow A'B' \parallel AB$ по теореме
Талеса.

$$AB = AA' \cdot \cos \alpha + BB' \cdot \cos \beta + A'B' \quad (\text{проекция на ось } AB)$$

$$\left\{ \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{\sqrt{13}}{4} \right\}$$

$$l = S + \left(\frac{1}{2} \cdot v_1 + \frac{\sqrt{13}}{4} v_2 \right) T$$

$$T = \frac{l - S}{\frac{1}{2} v_1 + \frac{\sqrt{13}}{4} v_2} = \frac{230 \text{ м}}{\left(\frac{10}{2} + 5 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} \right) \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 10 \text{ с}$$

$$\left\{ \text{Примем } \sqrt{13} \approx 3,6 \right\}$$

$$\text{Ответ: } \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} \approx 0,432, \quad T \approx 10 \text{ с}$$

Задача 3.

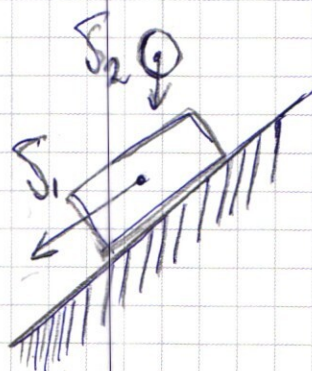
П.к. на шарик действует только

сила тяжести (сопрот. воздуха пренебрегаем),
то, падая с нулевой начальной
скоростью, шарик приобретает скорость
 v_2 , и закон сохранения энергии

для него будет записываться, так:

$$mgh = m \frac{v_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



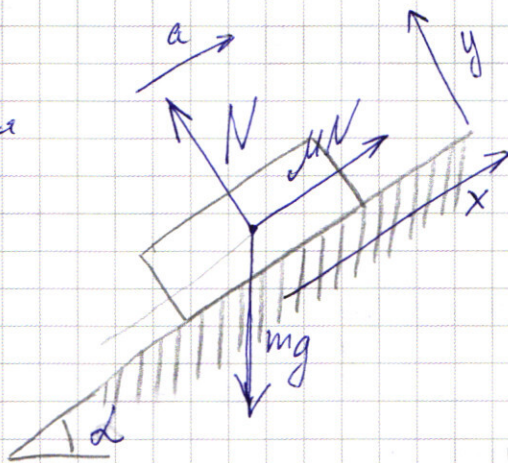
2) Ускорение a направлено против скорости v_1 , т.к. брусок движется равнозамедленно. Вспомогательный 2-ой закон Ньютона на ось x :

$$ma = MN - mg \sin \alpha.$$

и на ось y :

$$mg \cdot \cos \alpha = N.$$

$$a =$$



~~Для случая после соударения закон Ньютона на ось x :~~

После соударения импульсы бруска и шара стали P . Из закона сохр. импульса на ось x

$$P = m v_1 + m v_2 \sin \alpha = 2m v_a = 2mat.$$

$$t = \frac{v_1 + v_2 \sin \alpha}{2a} = \frac{v_1 + v_2 \sin \alpha}{2a}$$

~~П.к. брусок не сдвинулся после соударения, то:~~

Закон сохранения энергии:

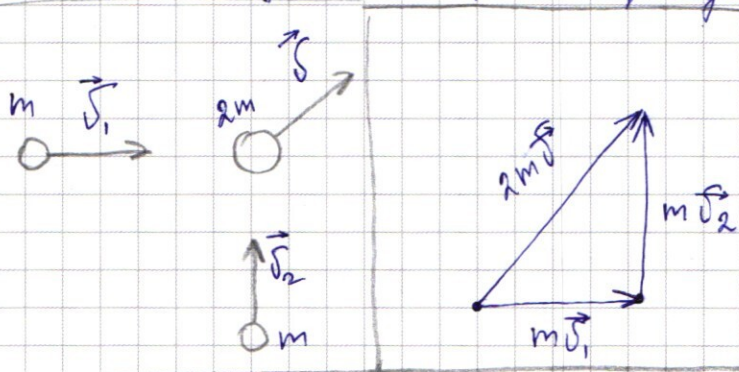
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = A = \frac{2mat^2}{2} = ma^2 \frac{v_1^2}{4a^2}$$

$$A = F \cdot S =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

- 1) Растянем нити шариков до удара и после удара (для 1-го шара). Если соединить векторы импульсов до и после удара, то можно образовать треугольник будет прямоугольным (т.к. по условию скорости перпендикулярны), а значит, для него можно записать теорему Пифагора:



$$(m v_1)^2 + (m v_2)^2 = (2m v)^2$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 4v^2,$$

$$v = \frac{1}{2} \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

- 2) Запишем закон сохранения энергии до и после удара:

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2m v^2}{2} + Q, \text{ где } Q - \text{тепловая энергия.}$$

$$\textcircled{1} Q = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} - \frac{2m v^2}{2}.$$

Вся тепл. энергия пошла на разогрев шариков (1-го шарика):

$$\textcircled{2} Q = c \cdot 2m \cdot \Delta t.$$

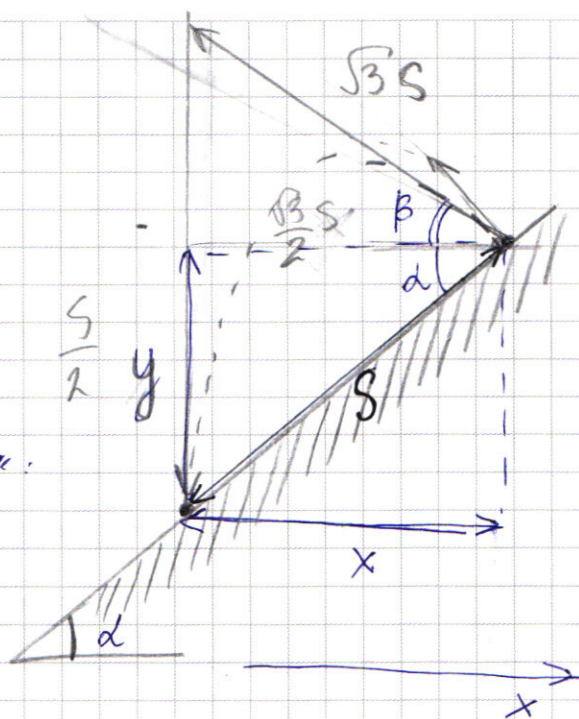
Приведем правые части $\textcircled{1}$ и $\textcircled{2}$ и сократим на m :

$$2c \Delta t = \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{2v^2}{2}.$$

$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4c} = \frac{5000}{4 \cdot 130} = 9,6^\circ \text{C}.$$

Задача 2.

Нарисовать треугольник перемещений для полета камня. Проговорить теорему Птолемея для треугольника.



$$\frac{v t}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{g t^2}{2 \sin \varphi}$$

$$t = 2 \frac{\sqrt{3}}{g} \frac{\sin \varphi}{\sin(90^\circ - \alpha)}$$

П.к. t наибольшее, то $(t)' = 0 \Rightarrow$

$$\rightarrow 0 = 2 \frac{\sqrt{3}}{g} \frac{\cos \varphi}{\sin(90^\circ - \alpha)} \quad \cos \varphi = 0 \text{ при } \varphi = 90^\circ$$

Рассуждение по горизонтали:

$$\begin{cases} y = v_0 t \sin \alpha + \frac{g t^2}{2} \\ x = \frac{g t^2}{2} - v_0 t \sin \alpha = v_0 t \sin \alpha, \\ \frac{x}{y} = \tan \alpha, \\ \frac{g t}{2} = 2 v_0 \sin \alpha. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta x = v_0 t \cos \beta, \\ \Delta y = \frac{g t^2}{2} - v_0 t \sin \beta = v_0 t \cos \beta \cdot \tan \alpha, \\ \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha, \end{cases}$$

$$\frac{g t}{2} = v_0 \cos \beta \cdot \tan \alpha + v_0 \sin \beta$$

Если $t_{\max}$, то $(t)' = 0$

$$\begin{aligned} \cos 30^\circ &= \frac{3}{4} \\ 40 \cdot 1,75 & \end{aligned}$$

$$\sqrt{3} = 1,75$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2 продолжение

$$(t)' = \left(\frac{x(\cancel{v_0} \cos \beta \cdot \cancel{\text{tg } \alpha} + \cancel{v_0} \sin \beta)}{\cancel{g}} \right)' = 0$$

$$-\sin \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha + \cos \beta = 0$$

$$\cos \beta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\operatorname{ctg} \beta = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\varphi = \beta + \alpha = 90^\circ.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{gt^2}{2} &= \sin \alpha \cdot S + \sin \beta \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} S = \\ &= \frac{S}{2} + \frac{3}{4} S = \frac{5}{4} S. \end{aligned} \right\}$$

2) П.к. $\varphi = 90^\circ$, то для треугольника ~~перпендикуляр~~ перпендикуляра, для его стороны S и $v_0 t$ можно записать проекции на ось x : $v_0 t \cdot \cos \beta = S \Rightarrow v_0 t = 2S \Rightarrow t = \frac{2S}{v_0}$.

А далее воспользуемся теоремой Титалора:

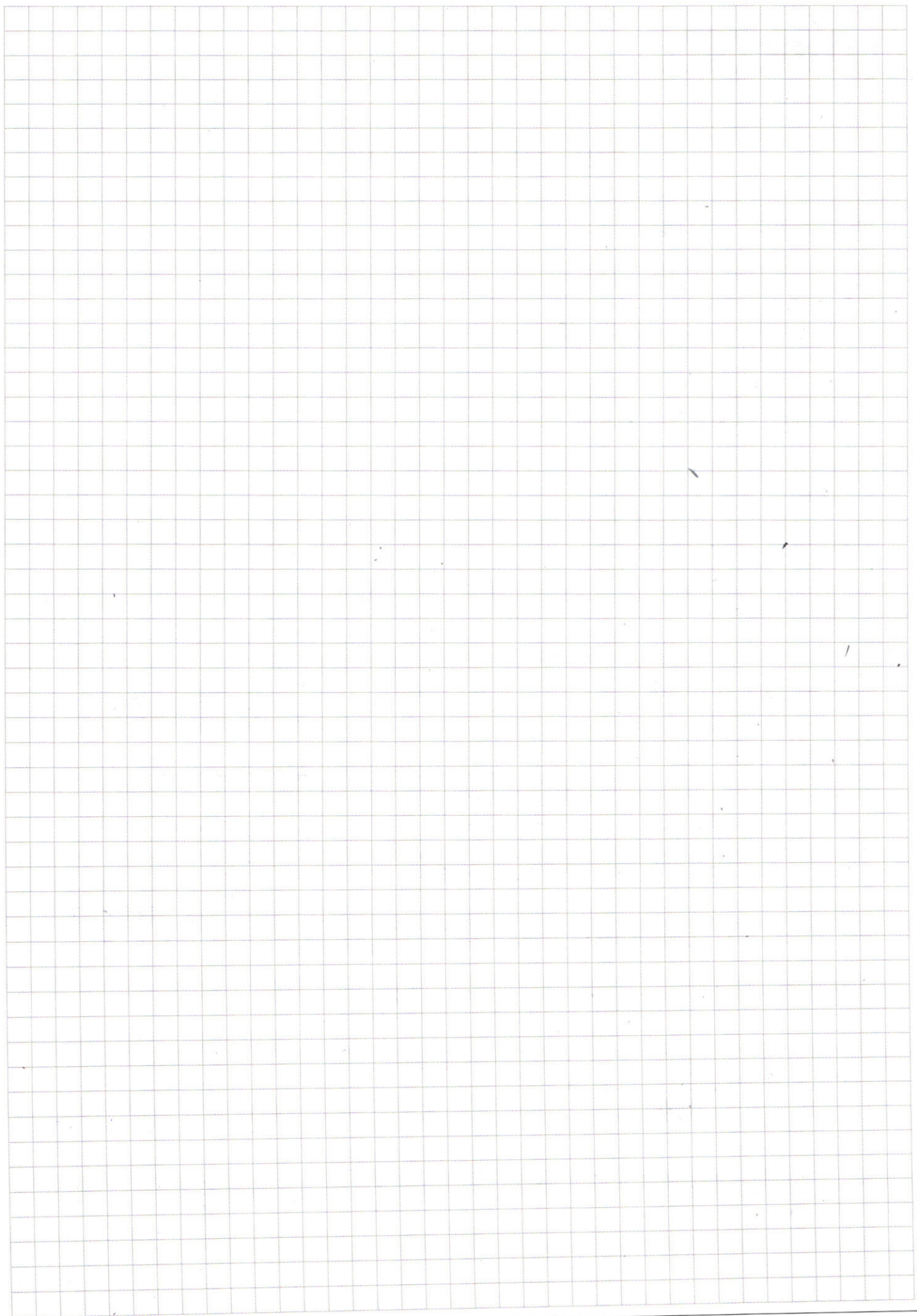
$$t = \sqrt{\frac{25}{4} \frac{s}{g}} =$$

$$\left(\frac{gt^2}{2}\right)^2 = S^2 + (v_0 t)^2 = 5S^2 = \left(\frac{49 \cdot 5^2}{2 \cdot 10^2}\right)^2$$

$$5 = 4g^2 \frac{5^2}{5.4}$$

$$5 = 4g^2 \frac{S^2}{5.4} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{4}{5} g^2 S^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100 \cdot (800)^2}{5}}$$

$$= \sqrt[4]{80 \cdot (800)^2} = 10 \cdot \sqrt[4]{10} \cdot 4 \cdot \sqrt[4]{2} \approx 70 \frac{\mu}{e}$$



☐ 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)

