

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 09-04

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

1. Велосипедное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Каждая спица за время $\tau = 0,2$ с поворачивается на угол $\alpha = 30^\circ$. Скорость точки А на ободе колеса $V_A = 1,2 \cdot V_0$. АВ – диаметр колеса.

1) Найдите скорость V_0 оси колеса.

2) С какой по величине скоростью V_B движется точка В на ободе колеса?

Все скорости измерены в лабораторной системе отсчета. Ось колеса движется равномерно.

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,75$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3,2$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 16$ м.

1) Через какое время T после прохождения высшей точки траектории мяч упадет на площадку?

2) Найдите $\operatorname{tg} \alpha$, здесь α — угол, который вектор скорости мяча составляет с горизонтальной плоскостью сразу после удара.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости, следует приложить силу F_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу $F_2 = 1,5 \cdot F_1$. Коэффициент трения скольжения бруска по плоскости $\mu = 0,2$. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α .

1) Найдите $\operatorname{tg} \alpha$.

2) Какую по величине V_0 начальную скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы через $T = 0,5$ с брусок остановился?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

4. На гладкой горизонтальной плоскости расположены два бруска массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Бруски связаны нитью, между ними находится легкая сжатая пружина. Коэффициент жесткости пружины $k = 150$ Н/м. Нить пережигают. В момент перехода пружины в недеформированное состояние скорость первого бруска $V_1 = 2$ м/с.

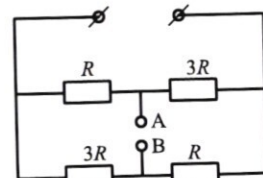
1) Найдите упругую энергию E , запасенную в пружине.

2) Найдите перемещение S_1 первого бруска за время от старта до момента перехода пружины в недеформированное состояние.

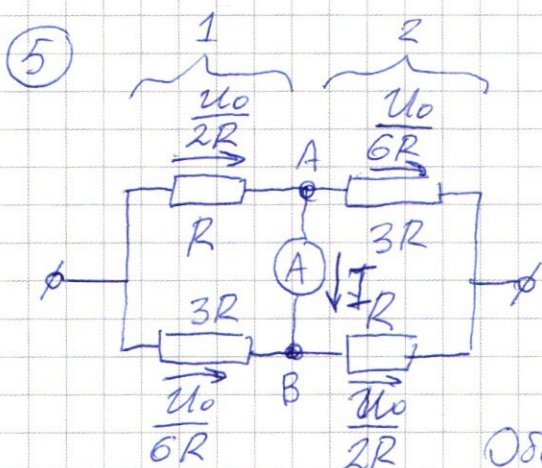
5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения $U_0 = 27$ В и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный амперметр, то он покажет силу тока $I = 45$ мА. Амперметр заменяют идеальным вольтметром.

1) Какое напряжение U покажет вольтметр?

2) Какая мощность P будет рассеиваться в цепи при включенном амперметре?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

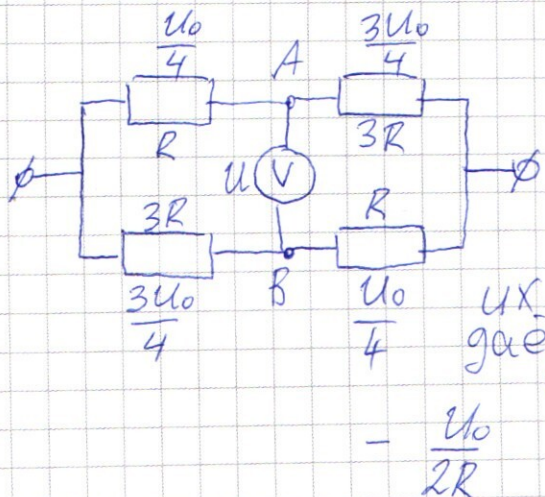


Так как участки 1, 2 одинаковы, а на идеальном амперметре падает нулевое напряжение, то напряжения на участках 1 и 2 равны $\frac{U_0}{2}$

Обозначим токи через все элементы цепи

Запишем I правило Кирхгофа для узла A

$$\frac{U_0}{2R} = I + \frac{U_0}{6R} \quad , \quad I = \frac{U_0}{3R} \rightarrow R = \frac{U_0}{3I}$$



При включении в цепь вольтметра ток через него не течёт, сопротивление верхней и нижней ветвей равно $4R$, их параллельное соединение даёт общее сопротивление схемы $- 2R$. Ток в схеме $- \frac{U_0}{2R}$ разветвляется одинаково

Обозначим напряжение на каждом элементе.

Из правила Кирхгофа для напряжений:

$$U = \frac{3U_0}{4} - \frac{U_0}{4} = \frac{U_0}{2} = 13,5 \text{ В}$$

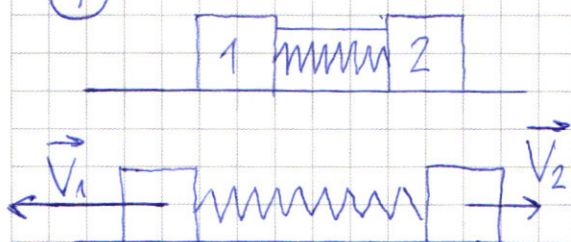
Мощность на каждом элементе равна
произведению на напряжение
на отсюда: силы тока через него.

$$P = 2 \left(\frac{U_0^2}{4R} + \frac{U_0^2}{12R} \right) = \frac{2U_0^2}{3R} = \frac{2U_0^2}{3 \cdot U_0} 3I = 2IU_0 = 2,43 \text{ Вт}$$

(Подставим ранее полученное выражение вместо R)

Ответ: 13,5 В ; 2,43 Вт

4)



Из закона сохранения импульса:

$$m_1 V_1 = m_2 V_2 \rightarrow V_2 = \frac{m_1}{m_2} V_1$$

где V_2 - скорость второго бруска в тот же момент времени

По закону сохранения энергии вся упругая энергия пружины перешла в кинетическую энергию грузов, то есть

$$E = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_1^2 V_1^2}{2m_2} = \frac{m_1 V_1^2}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) = 3 \text{ Дж}$$

Скорость первого бруска во все моменты времени будет больше скорости второго $\Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = 2$

$\Rightarrow$ их перемещения тоже будут относиться как 2:1
Сумма перемещений будет равна начальной деформации пружины - Δx

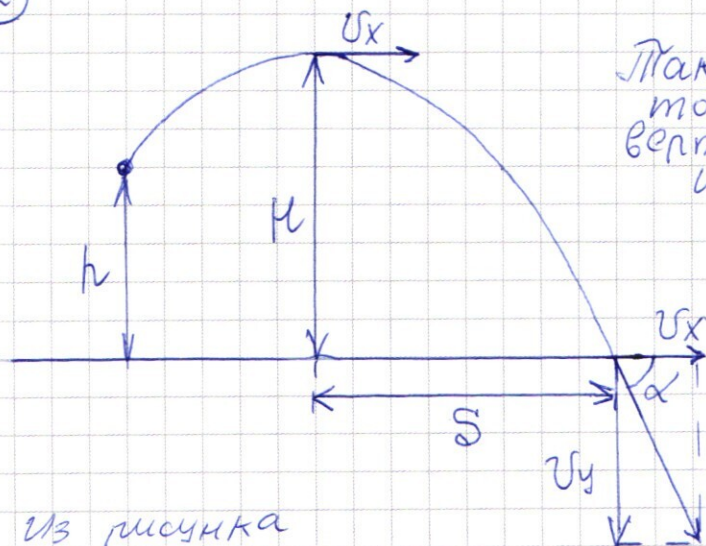
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Из формулы для энергии деформированной пружины:

$$E = \frac{k(\Delta x)^2}{2} \rightarrow \Delta x = \sqrt{\frac{2E}{k}}; S_1 = \frac{2}{3}\Delta x = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2E}{k}} = \frac{2}{15} \text{ м} = 13,3 \text{ см}$$

Ответ: 3 Дж; 13,3 см.

2



Так как в наивысшей точке траектории вертикальная составляющая скорости равна нулю, T — это время свободного падения без начальной скорости с высоты H :

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 0,8 \text{ с}$$

из рисунка

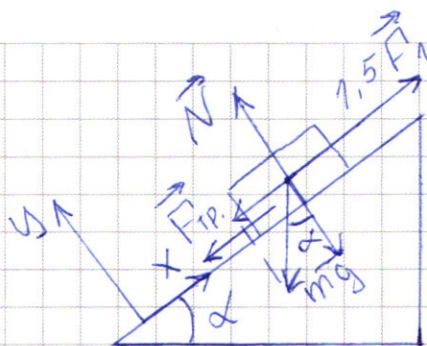
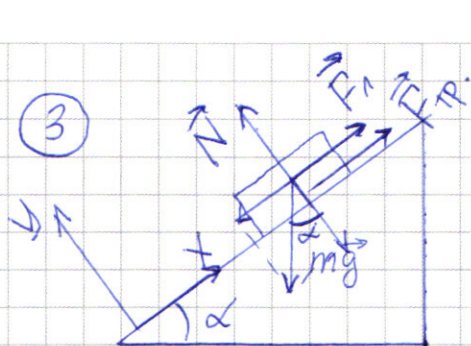
$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} \text{ ; где}$$

v_x и v_y — горизонтальная и вертикальная составляющие скорости мяча соответственно. (в момент падения на землю).

$$\begin{aligned} v_y &= gT \\ v_x &= \frac{S}{T} = \text{const} \end{aligned}$$

$$\tan \alpha = \frac{gT^2}{S} = 0,4$$

Ответ: 0,8 с; 0,4



$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = \mu N \\ N = mg \cos \alpha \\ F_1 + F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha \end{cases}$$

из II
закона
Ньютона
для осей
Y и X

$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = \mu N \\ N = mg \cos \alpha \\ 1,5 F_1 = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha \end{cases}$$

Здесь $F_{\text{тр}}$ - сила трения
 N - сила реакции опоры
 m - масса бруска

Решая 2 этих системы, получим:

$$\tan \alpha = 5\mu = \textcircled{1} \rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Ускорение бруска - a - во втором случае найдём из II закона Ньютона.

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

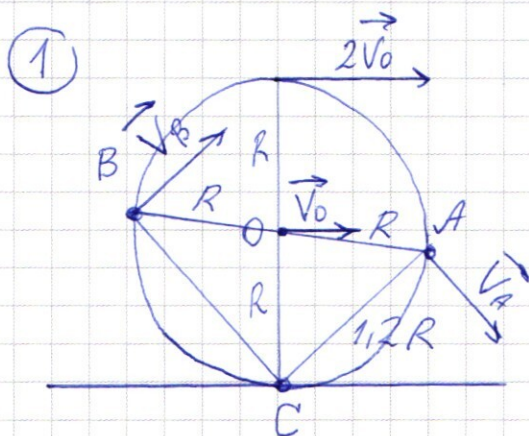
$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Для момента остановки

$$V_0 = aT = gT(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 0,6\sqrt{2}gT = \textcircled{3\sqrt{2} \frac{m}{c}}$$

Ответ: 1; $3\sqrt{2}$ м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Движение колеса можно представить (в любой момент времени) как вращение вокруг точки C , называемой мгновенным центром вращения.

(сама точка C неподвижна из-за отсутствия проскальзывания)

Отсюда линейная скорость вращения V_0 точек обода колеса равна произведению угловой скорости вращения на радиус колеса. То есть

$$V_0 = \omega R = \frac{\alpha R}{\tau} = \frac{\pi R}{6\tau} \approx 0,42 \pi \frac{m}{c}$$

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\omega \cdot AC}{\omega \cdot BC} = \frac{AC}{BC}$$

$$\frac{V_A}{V_0} = 1,2 \Rightarrow \frac{AC}{OC} = 1,2 \Rightarrow$$

$$\rightarrow AC = 1,2 R$$

Скорости в лабораторной системе всех точек колеса относятся как их расстояния до точки C (из идеи о мгновенном центре вращения)

Треугольник ABC вписан в окружность (см. рисунок), при этом одна из его сторон является диаметром $\Rightarrow \Delta ABC$ — прямоугольный

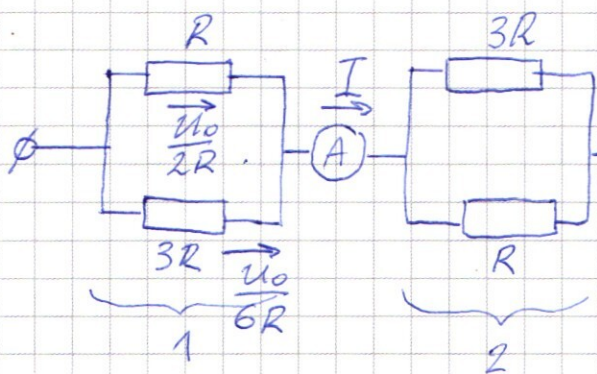
Тогда $BC = \sqrt{(AB)^2 - (AC)^2} = 1,6R$ (из теоремы Пифагора)

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{1,2}{1,6} = \frac{3}{4} \rightarrow V_B = \frac{4}{3} V_A = 1,6 V_0 = 0,672 \pi \frac{\mu}{c}$$

Ответ: $0,42 \pi \frac{\mu}{c}$; $0,672 \pi \frac{\mu}{c}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) При подключении к клеммам А и В схема преобразуется следующим образом:

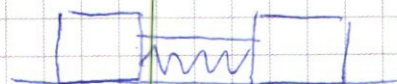


Поскольку участки 1, 2 одинаковы, а на идеальном амперметре падает нулевое напряжение, напряжение на участках 1, 2 равно $\frac{U_0}{2}$

Обозначим токи через все элементы

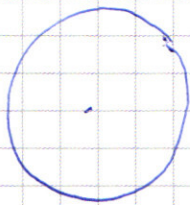
$$P = 90 \cdot 10^{-3} \cdot 24 = 2,16 \text{ Вт}$$

$$= 90 \cdot 10^{-3} \cdot 24 = 2,16 \text{ Вт}$$



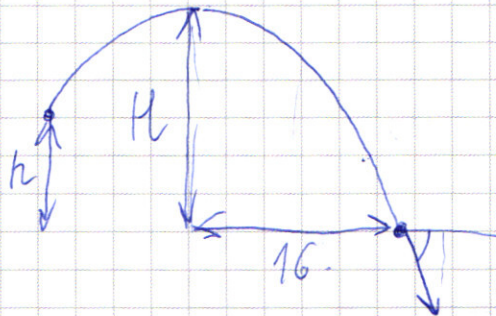
$$\frac{m_2}{2} \frac{m_1^2}{m_2^2} V_1^2 = \frac{200}{15} = \frac{40}{3}$$

$$\sqrt{\frac{6}{150}} \sqrt{\frac{2}{50}} = \sqrt{\frac{1}{35}} = \frac{1}{\sqrt{35}}$$



$$v = \omega R = \frac{\alpha}{T}$$

$$\frac{10 \cdot 0,3 \cdot 0,8}{16} = \frac{0,8}{2} = 0,4$$



$$\frac{10}{24}$$

$$F_1 + \mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$$

$$1,5 F_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$1,5 \mu mg \cos \alpha = 0,5 mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

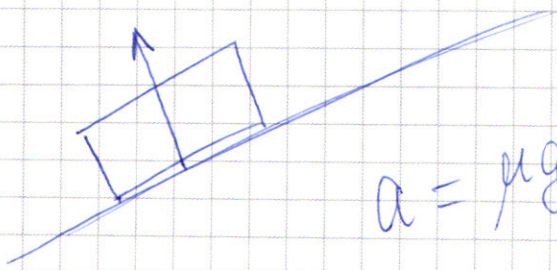
$$2,5 \mu \cos \alpha = 0,5 \sin \alpha$$

$$\tan \alpha$$

$$\begin{array}{r} 2 \text{ } 1 \\ 0,42 \\ \times 1,6 \\ \hline 252 \\ 42 \\ \hline 0,672 \end{array}$$

5μ.

a



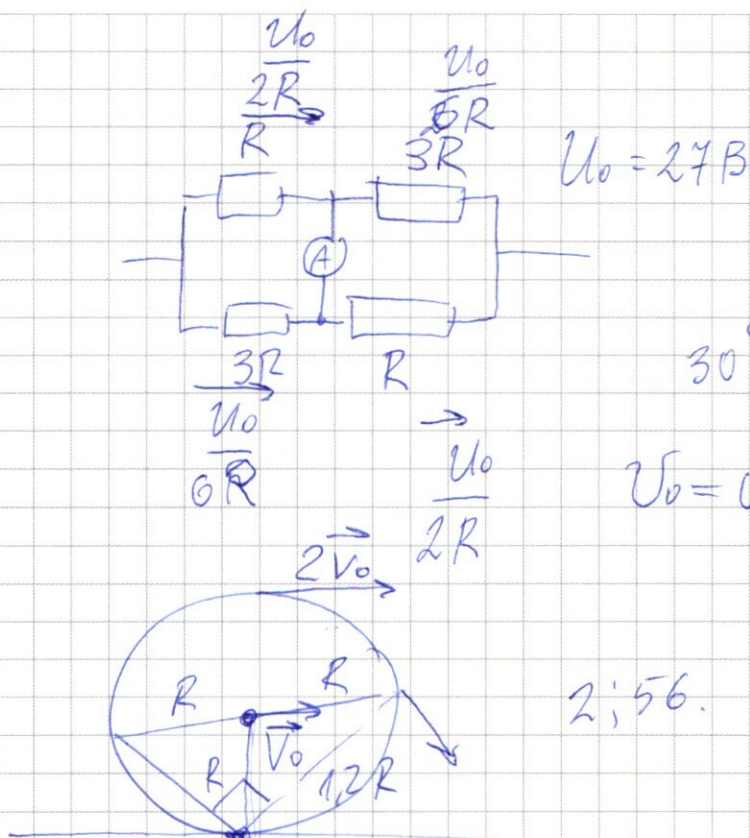
$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

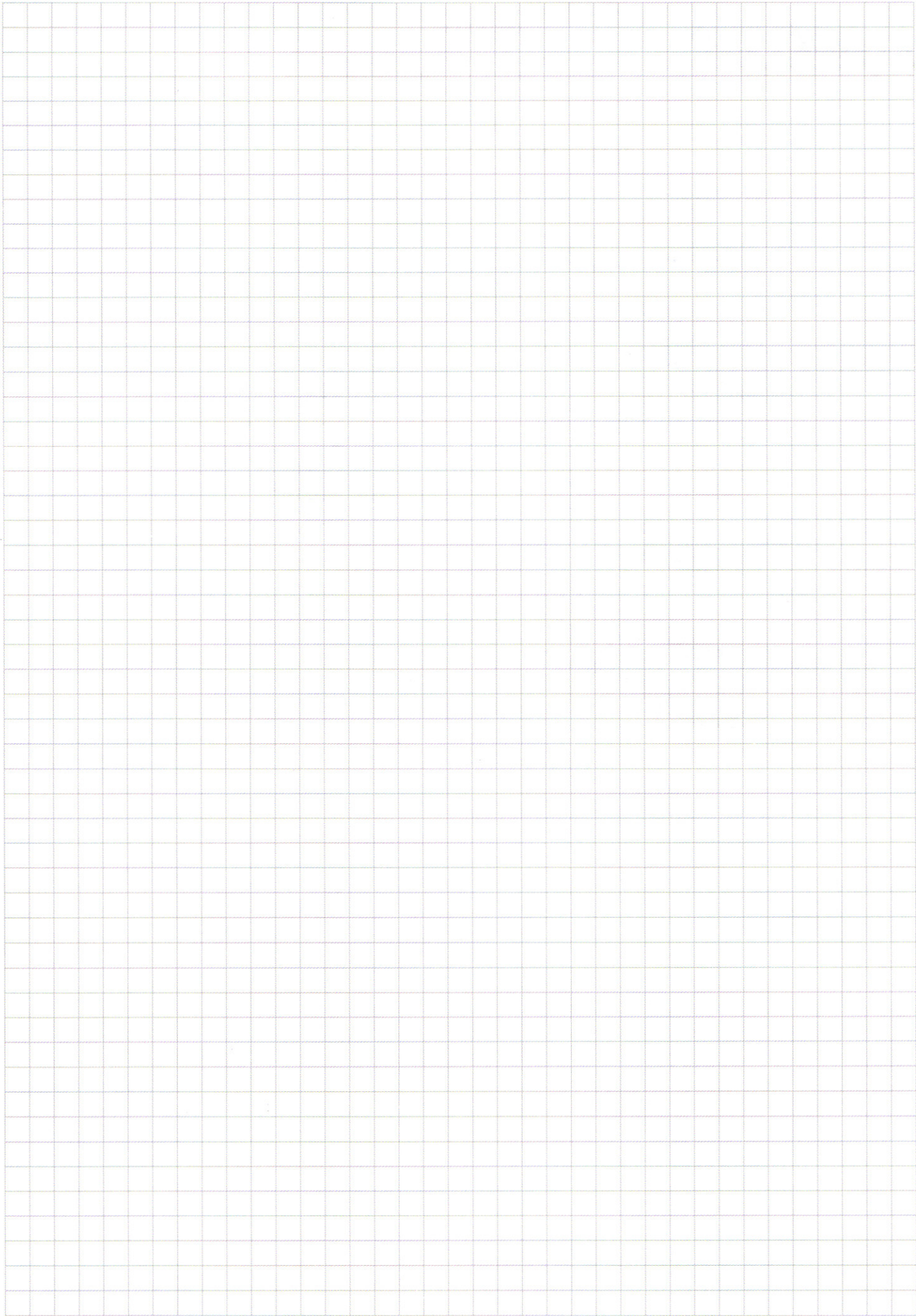
$$g \frac{\sqrt{2}}{2} (1,2)$$

$$0,6g\sqrt{2}$$

$$\begin{array}{r} 12 \cdot 0,2 \\ 12 \\ \hline 2,4 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)