

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 09

Вариант 09-03

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

1. Однородное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности и за время $T = 1,57$ с совершает один оборот. Точки А и В лежат на ободе колеса, АВ – диаметр колеса.

1) С какой скоростью V_0 движется ось колеса?

2) С какой скоростью V_A движется точка А на ободе колеса, если точка В движется со скоростью $V_B = 2$ м/с?

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

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,5$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 12$ м.

1) Через какое время T после удара мяч поднимется на максимальную высоту?

2) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, 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) Найдите коэффициент μ трения скольжения бруска по плоскости, если $F_2 = 2 \cdot F_1$.

2) Какую по величине V_0 скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы он остановился на расстоянии $S = 1,35$ м от точки старта? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

4. Две шайбы, скорости которых $V_1 = 2$ м/с и $V_3 = 3$ м/с, движутся навстречу друг другу по гладкой горизонтальной плоскости и испытывают абсолютно упругий центральный удар. Массы шайб $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,2$ кг.

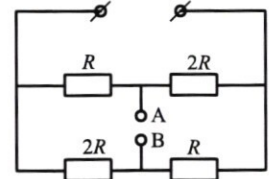
1) Найдите максимальную энергию E деформации шайб в процессе соударения.

2) Через какое время T после соударения расстояние между шайбами будет равно $L = 2$ м?

5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение $U = 4$ В. Если вольтметр заменить идеальным амперметром, он покажет силу тока $I = 30$ мА.

1) Найдите напряжение U_0 источника.

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



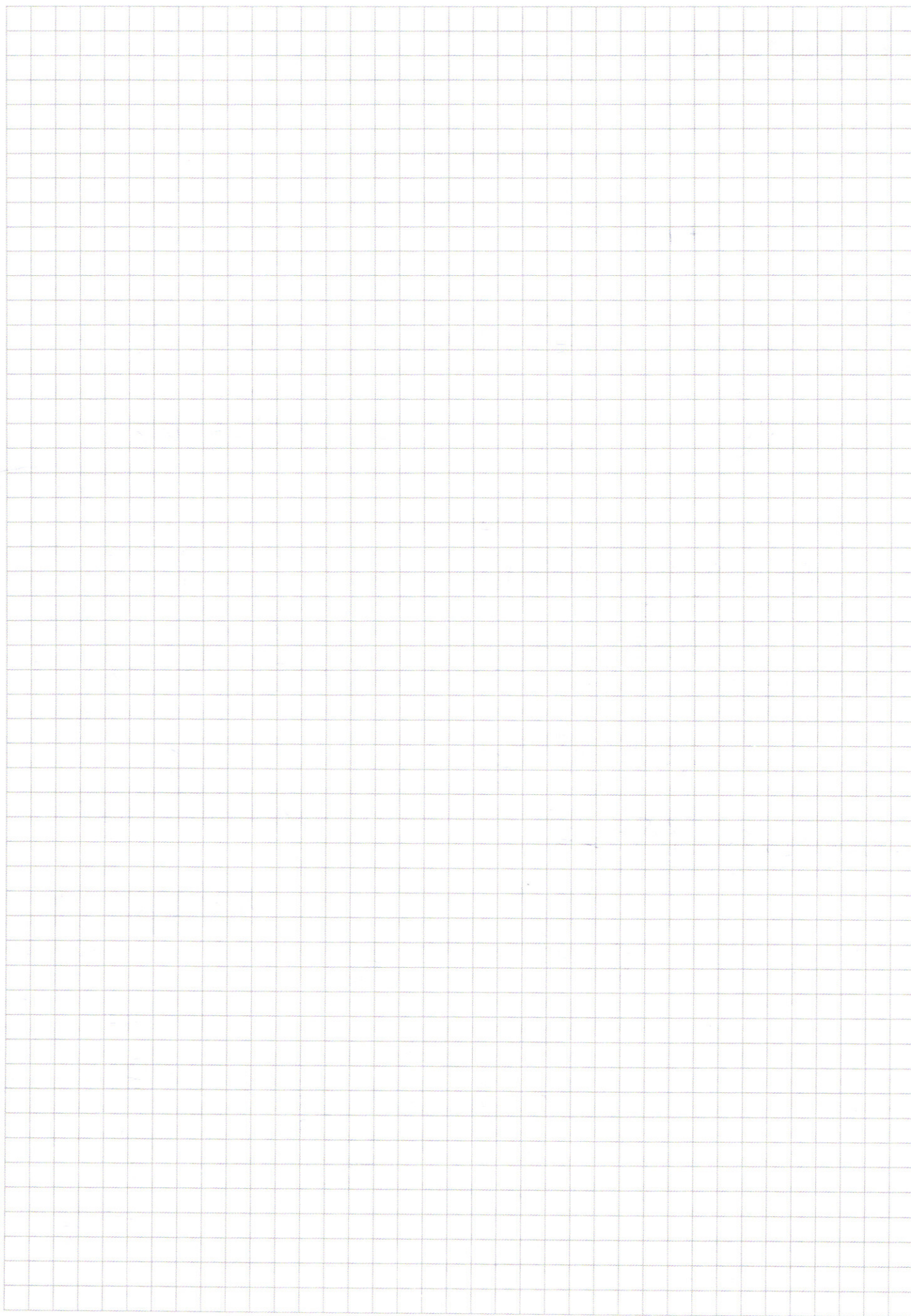
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_0 y + \frac{g t^2}{2} = h.$
 $5\sqrt{2}t + 5t^2 = \frac{1}{2}$
 $4\sqrt{15}$
 $200 + 40.$
 240
 240
 $10t^2 + 10\sqrt{2}t - 1 = 0.$
 $\frac{2\pi}{T} \cdot R = V.$
 $\frac{-10\sqrt{2} + 4\sqrt{15}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $\frac{4\sqrt{15}}{10} = \frac{\sqrt{15}}{5}$
 $\frac{\pi}{T} = \frac{3,14}{1,57} = 2 \text{ М/с}.$
 $10\sqrt{2} \pm \sqrt{200 + 40}$

$U_0 = 2 \text{ М/с}.$
 $\frac{\sqrt{15}}{5} = \frac{\sqrt{15}}{5}$
 $\left(\frac{\sqrt{15}}{5}\right) \cdot V_0 \cdot \cos \alpha = 12.$
 $V_0 \cos \alpha = 4\sqrt{15}$
 $H = h + V_0 t = 9 + \frac{t^2}{2}.$
 $V_0 \sin \alpha = 9\sqrt{2}$
 $16 \cdot 15 = 240$
 $\frac{12}{1} = \frac{60}{\sqrt{15}} = \frac{60\sqrt{15}}{15} = 4\sqrt{15}$
 $h = 9 + \frac{t^2}{2}.$
 $V_0 = 9 + \frac{t^2}{2}.$
 $h = V_0 \sin \alpha + \frac{g t^2}{2}$

$12 = V_0 \cos \alpha \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2,5}{30}\right)$
 $5 = 10 + \frac{t^2}{2}$
 $\frac{1}{2} = \frac{t^2}{2}$
 $t = \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $h = 9 + \frac{t^2}{2} = 9 + \frac{1}{2} = 9,5$
 $V_0^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = 290$
 $V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha = 290$
 $V_0^2 = 290$
 $V_0 = \sqrt{290}$

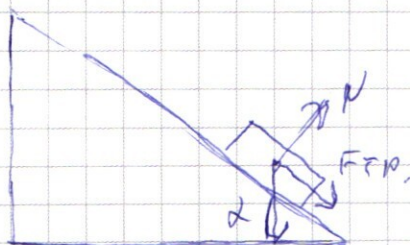
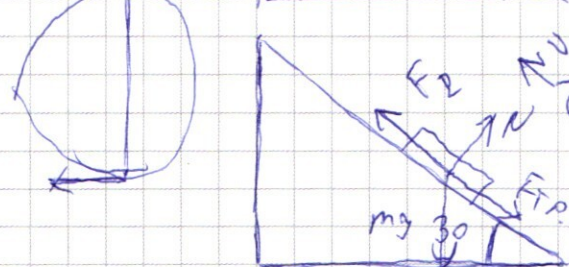
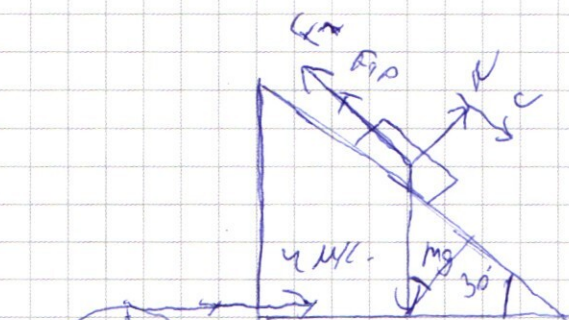
$V_0 y = 9 + \frac{t^2}{2}$
 $t = \frac{\sqrt{30}}{30}$
 $t = \frac{1}{\sqrt{39}}$
 $V_0 y = 9 + \frac{t^2}{2}$
 $t = \frac{1}{\sqrt{39}}$
 $9 + \frac{t^2}{2} = 7,5$
 $t = \frac{\sqrt{2}}{2}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg \cos 2 \cdot m$$

по условию

$$mg \sin 2 = F_{\text{тр}} + F_1$$

$$mg(\sin 2 - \cos 2 \cdot m) = F_{\text{тр}}$$

$$2F_1 = 2mg \sin 2 - 2 \cos 2 \cdot m \cdot mg$$

$$F_2 = mg \cos 2 \cdot m + mg \sin 2$$

$$2F_1 = mg \cos 2 \cdot m + mg \sin 2$$

$$1 = \frac{2 \sin 2 - 2 \cos 2 \cdot m}{\cos 2 \cdot m + \sin 2}$$

$$\cos 2 \cdot m + \sin 2 = 2 \sin 2 - 2 \cos 2 \cdot m$$

$$\cos 2 (m + 2m)$$

$$3 \cos 2 \cdot m = \sin 2$$

$$m = \frac{\sin 2}{\cos 2} \cdot \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{\frac{2}{\sqrt{3}}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\sqrt{3}}{9}$$

$$m_2 = mg \sin 2 + mg \cos 2 \cdot m$$

$$0 = g(\sin 2 + \cos 2 \cdot m)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{9}$$

$$m = \frac{\sqrt{3}}{9}$$

$$\frac{1}{6} + \frac{1}{2}$$

$$\frac{4}{6} = \frac{2}{3} \cdot 10$$

$$V_0 = 352 \text{ м/с}$$

$$\frac{20}{3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{20} = \frac{3\sqrt{2}20}{3}$$

$$+ = 0,45 \cdot \sqrt{2}$$

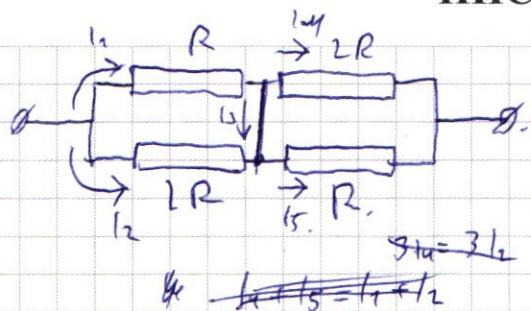
$$1,35 = V_0 + \frac{Q+2}{2}$$

$$\frac{Q+2}{2} = 1,35$$

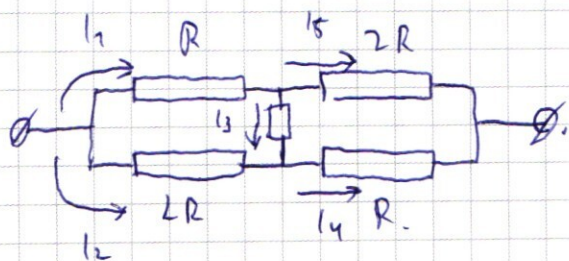
$$Q+2 = 2,7 = \frac{27}{10}$$

$$+^2 = \frac{27}{10} = \frac{61}{200} = \frac{9}{10\sqrt{2}} = \frac{9}{10\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{9\sqrt{2}}{20}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

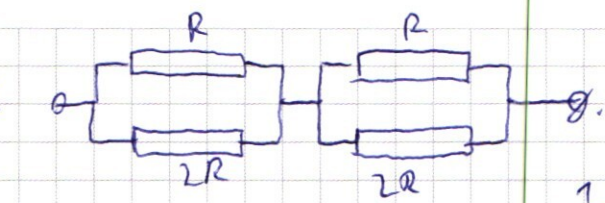


$$\begin{aligned} I_4 &= I_2 & I_1 &= 2I_2 \\ I_1 R &= 2R \cdot I_2 & I_1 &= I_5 \\ I_1 &= 2I_2 & I_5 &= I_3 + I_2 \\ I_4 \cdot 2R &= I_5 R & I_4 &= I_3 + I_2 \\ 2I_4 &= I_5 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} I_1 + I_2 &= I_5 + I_4 \\ I_1 &= I_5 + I_3 \\ I_4 &= I_2 + I_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 R + U_B &= 2R \cdot I_2 \\ U_B + I_4 R &= 2R \cdot I_5 \\ U &= 2R I_1 - R I_4 \\ U &= R I_1 \\ I_1 &= \frac{U}{R} \\ I_5 &= \frac{3R}{R} = 3 \end{aligned}$$



$$\frac{1}{R} + \frac{1}{2R}$$

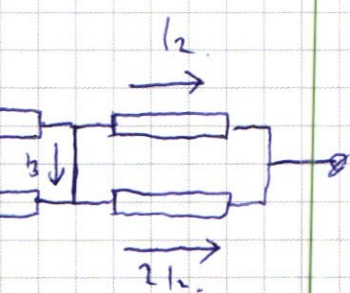
$$\frac{2R}{3} \quad \frac{4R}{3}$$

$$U = R_{\text{eq}} I \quad \frac{3}{100}$$

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{100} \quad \frac{1}{1000} \cdot 30$$

$$3/4 = I_2$$

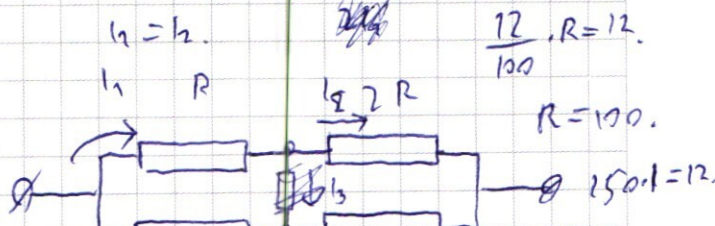
$$\frac{48}{50} \text{ (96\%)}$$



$$\begin{aligned} 2I_2 &= I_2 + I_3 \\ I_3 &= I_2 \end{aligned}$$

$$4R \cdot I_4 = U_0$$

$$\frac{244}{150}$$



$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 \\ I_1 R &= 2R \cdot I_2 \\ I_1 R x - I_2 R x &= R(2I_2 - I_1) \\ I_3 R x &= R(2I_2 - I_1) \\ I_3 &= 2I_2 - I_1 \end{aligned}$$

$$4 = R(2I_2 - I_1) \quad \frac{3}{100} \cdot 12$$

$$\begin{aligned} I_1 &= I_4 \\ I_2 &= I_5 \end{aligned}$$

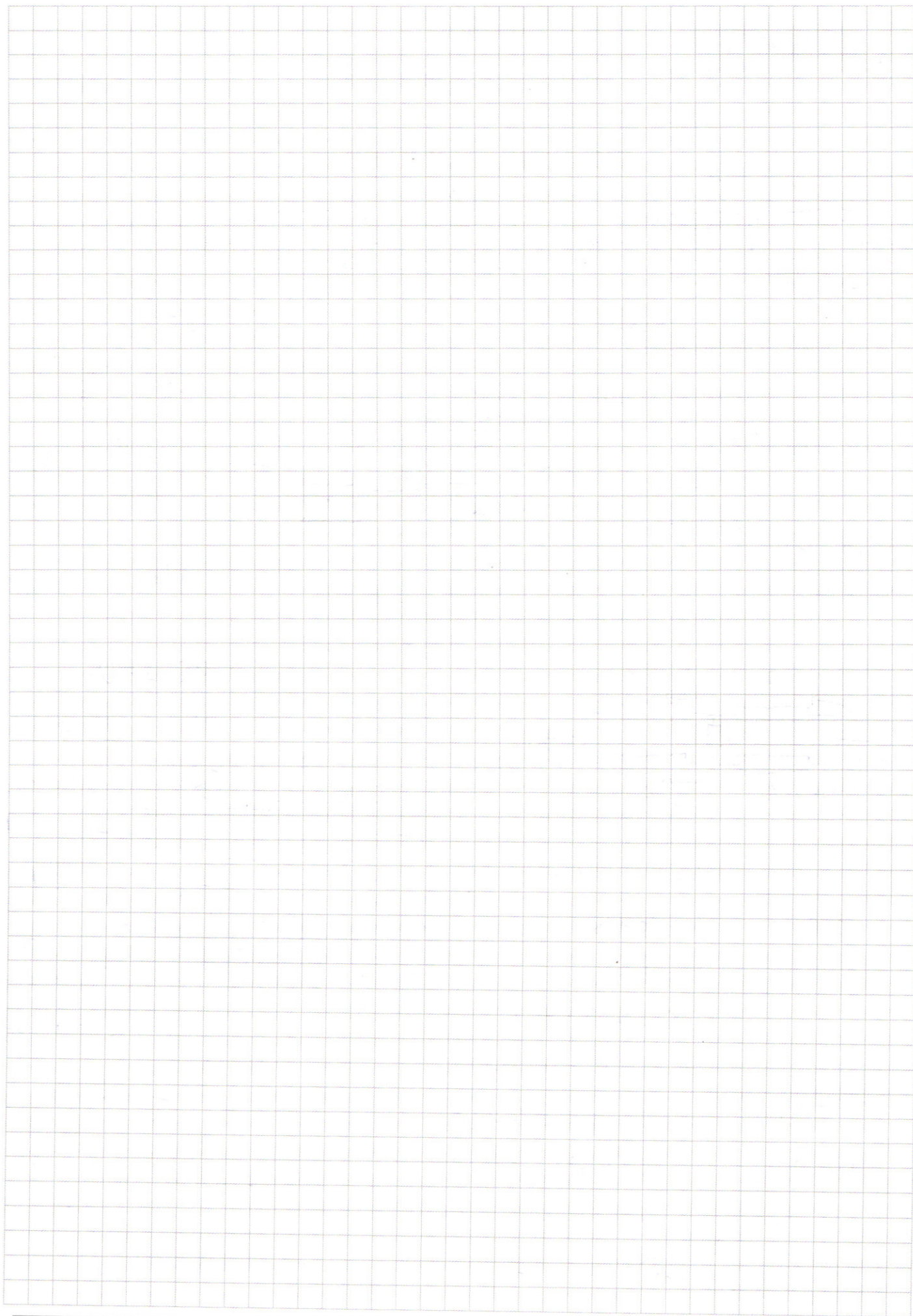
$$\frac{4}{R} = 2I_2 - I_1$$

$$I_1 = 2I_2 - \frac{4}{R}$$

$$3(I_2 - I_5) = 0$$

$$\left(3I_2 - \frac{4}{R} \right)$$

$$-1(I_2 - I_5) = 2(I_2 - I_5)$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

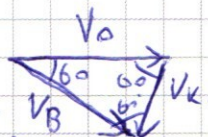
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

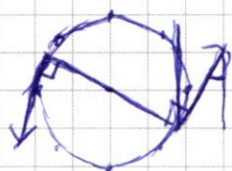
1) Если колесо делает один оборот за период T , то его угловую скорость можно посчитать по след. формуле: $\omega = \frac{2\pi}{T}$.
Как известно $V = \omega R$ Отсюда $V_0 = \frac{2\pi}{T} \cdot R$ $V_0 = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3,14}{1,57}$
 $\frac{3,14}{1,57} = 2 \text{ м/с}$.

2) Если скорость точки равна 2 м/с для точек радиуса $2R$ векторно суммируем скорости с которой движется все колесо и его скорость, которая тоже равна 2 м/с. Эти векторы можно изобразить в след виде.
Значит результирующая равнодействующая из V_0 и V_k .



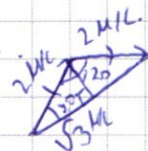
Тогда $V_0 = |V_0| = |V_k| = |V|$

Теперь перевернем



Если V_k достанет длины V_0 и направит к точке A достанет

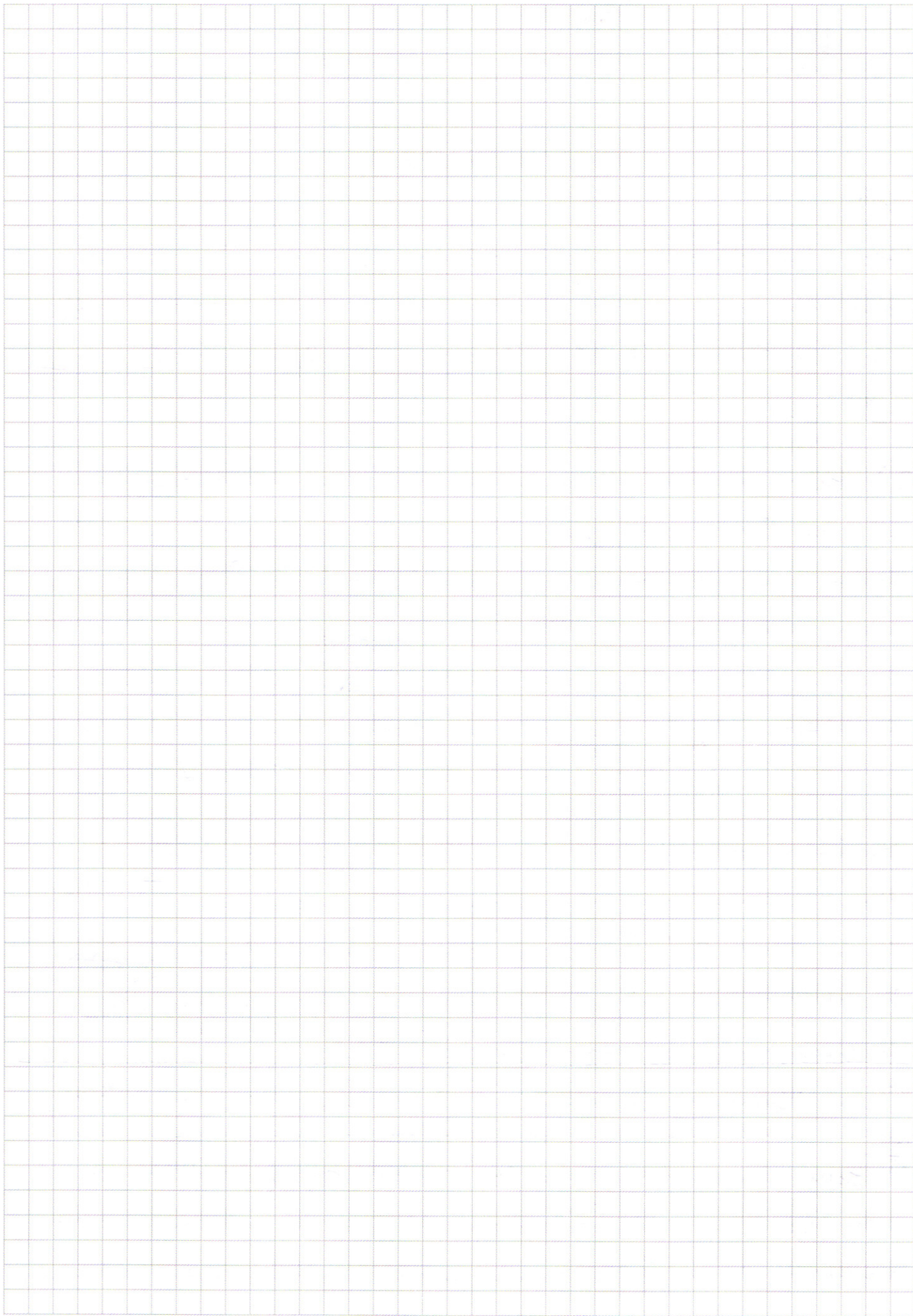
длины из противоположной стороны. Из век. соотношений можно найти угол между вертикалью и направлением V_A . Угол будет равен 30° . Теперь все можно сложить векторно. Используя это результирующий вектор, можно измерить все скорости $V_A = 2\sqrt{3} \text{ м/с}$.



Ответ: 1) Скорость V_0 равна 2 м/с. 2) Скорость V_A равна $2\sqrt{3} \text{ м/с}$.

№2

1) Если изобразим V_0 и V_k отсюда мы сможем найти максимальную высоту H зная из вертикали на высоте $H-h$. Тогда формулу ускорения равноускоренно движение.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$H-h = V_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$. V_{0y} — вертикальная скорость на высоте h и она равна $V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha$. Можно найти высоту h относительно V_{0y} .
 $V_{0y} - g \cdot t = 0$. $V_{0y} = g \cdot t$. Подставим в первое уравнение и получим. $H-h = \frac{g \cdot t^2}{2}$, подставим число. $2,5 \text{ м} = 5 \text{ м/с}^2 \cdot t^2$, $t^2 = \frac{1}{2} \text{ с}^2$
 $t = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ с}$. Это t и есть искомое время T .

2) Теперь рассмотрим со следующими условиями, заменим высоту h и до конца полета от h горизонтально пройдем 12 м . $12 \text{ м} = V_{0x} \cdot t_{\text{гк}}$. где V_{0x} — горизонтальная скорость, $t_{\text{гк}}$ — время до конца. $t_{\text{гк}}$ складывается из двух времен, а именно t_1 и t_2 , где t_1 это время за которое он ~~вернется~~ вернется на высоту h , на это время V_{0x} будет двигаться, и оно равно $\frac{\sqrt{2}}{2}$, t_2 — продолжение полета $h=0$.

$h = V_{0y} \cdot t_2 + \frac{g \cdot t_2^2}{2}$. V_{0y} будем считать. подставим значение V_{0y} и h и g и получим что, $0,5 = 5\sqrt{2} \cdot t_2 + 5 \cdot t_2^2 \cdot 0,5$, $10t_2^2 + 10\sqrt{2}t_2 - 1 = 0$.

$$\frac{-10\sqrt{2} \pm \sqrt{240}}{20} = \frac{-10\sqrt{2} \pm 4\sqrt{15}}{20}. \text{ Теперь найдем } t_{\text{гк}} = t_1 + t_2.$$

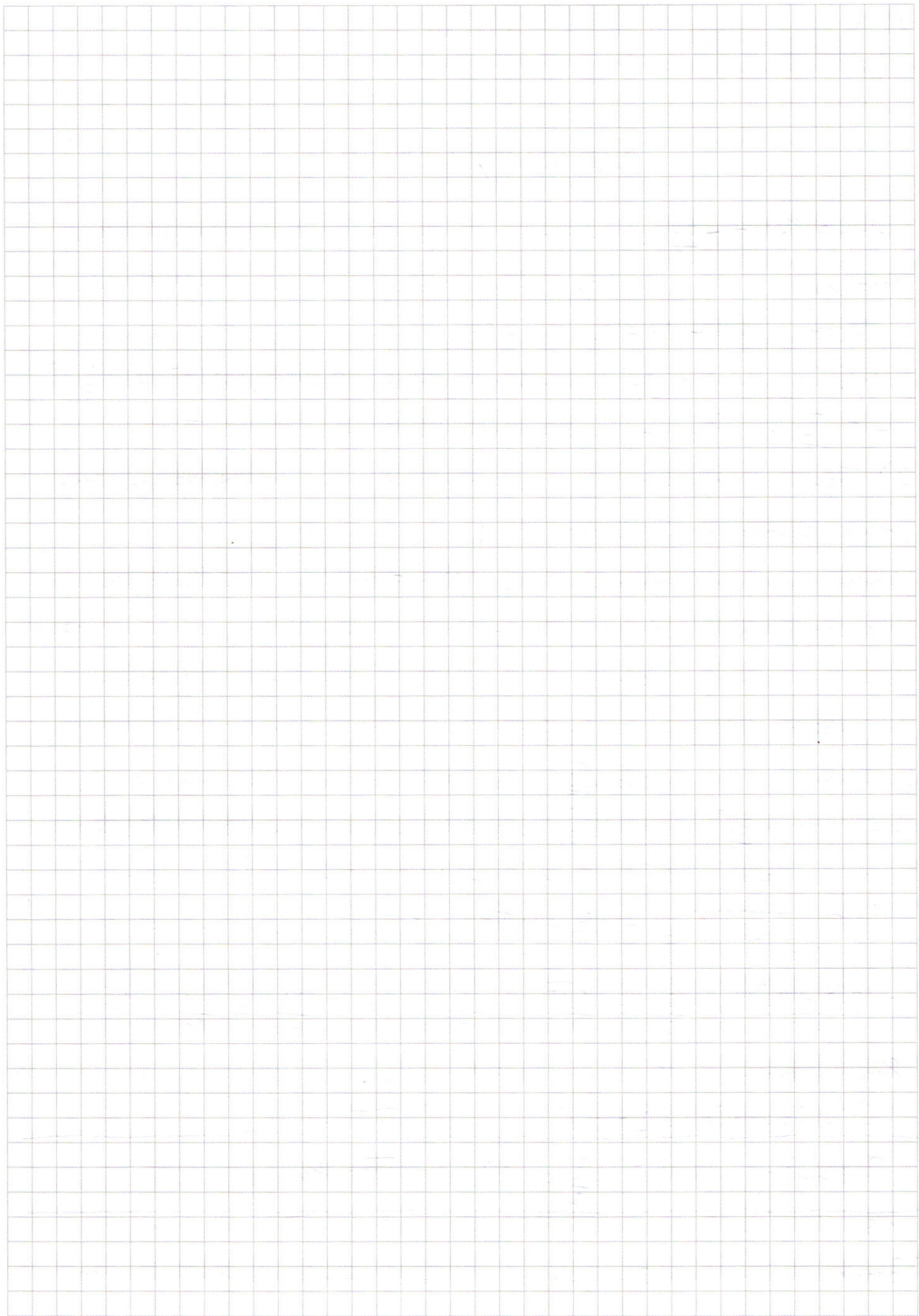
$$\frac{-10\sqrt{2} + 4\sqrt{15}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{4\sqrt{15}}{20} = \frac{\sqrt{15}}{5}. V_{0x} = \frac{12}{t_{\text{гк}}} = \frac{60}{\sqrt{15}} = 4\sqrt{15}.$$

Так известно $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$. значит $V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha = 200 + 50$
 $V_0^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 250 \text{ м/с}^2$ $V_0 = \sqrt{250} \text{ м/с}$.

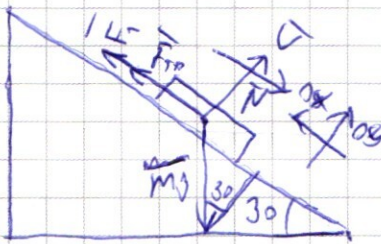
Ответ: 1) время $T = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ с}$, 2) $V_0 = \sqrt{250} \text{ м/с}$.

№3.

1) Зоринем сначала ситуацию где бусик находится спускает вниз.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Затем применяем второй закон Ньютона вдоль
вспомогательной. Ох: $0 = F + F_{\text{тр}} - mg \sin 2$.

$$\text{Оy: } 0 = N - mg \cos 2.$$

Как известно $F_{\text{тр}} = N \cdot \mu$. Получим.

$$F + mg \cos 2 \cdot \mu = mg \sin 2.$$

Удобнее по Oy составить закон не
потому что мы сразу воспользуемся.

Теперь закон по Ох: $F_2 = mg \cos 2 \cdot \mu + mg \sin 2$.

Как известно из условия $F_2 = F_1 \cdot 2$. Значит мы можем составить.

$$\begin{cases} 2F_1 = mg(\cos 2 \cdot \mu + \sin 2) \\ 2F_1 = 2mg(\sin 2 - \cos 2 \cdot \mu) \end{cases}$$

теперь получим второе уравнение
из первого и второго.

$$2 \sin 2 - 2 \cos 2 \cdot \mu = \cos 2 \cdot \mu + \sin 2, \quad 3 \cos 2 \cdot \mu = \sin 2. \quad \mu = \frac{\sin 2}{3 \cos 2}.$$

$\sin 2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ так как $2 = 30^\circ$. Значит $\mu = \frac{\sqrt{3}}{9}$, тогда получим
ответ.

2) Если скорость увеличивается вдоль поверхности friction и нет
коэффициента трения тогда по увеличению ускорения которое равно.

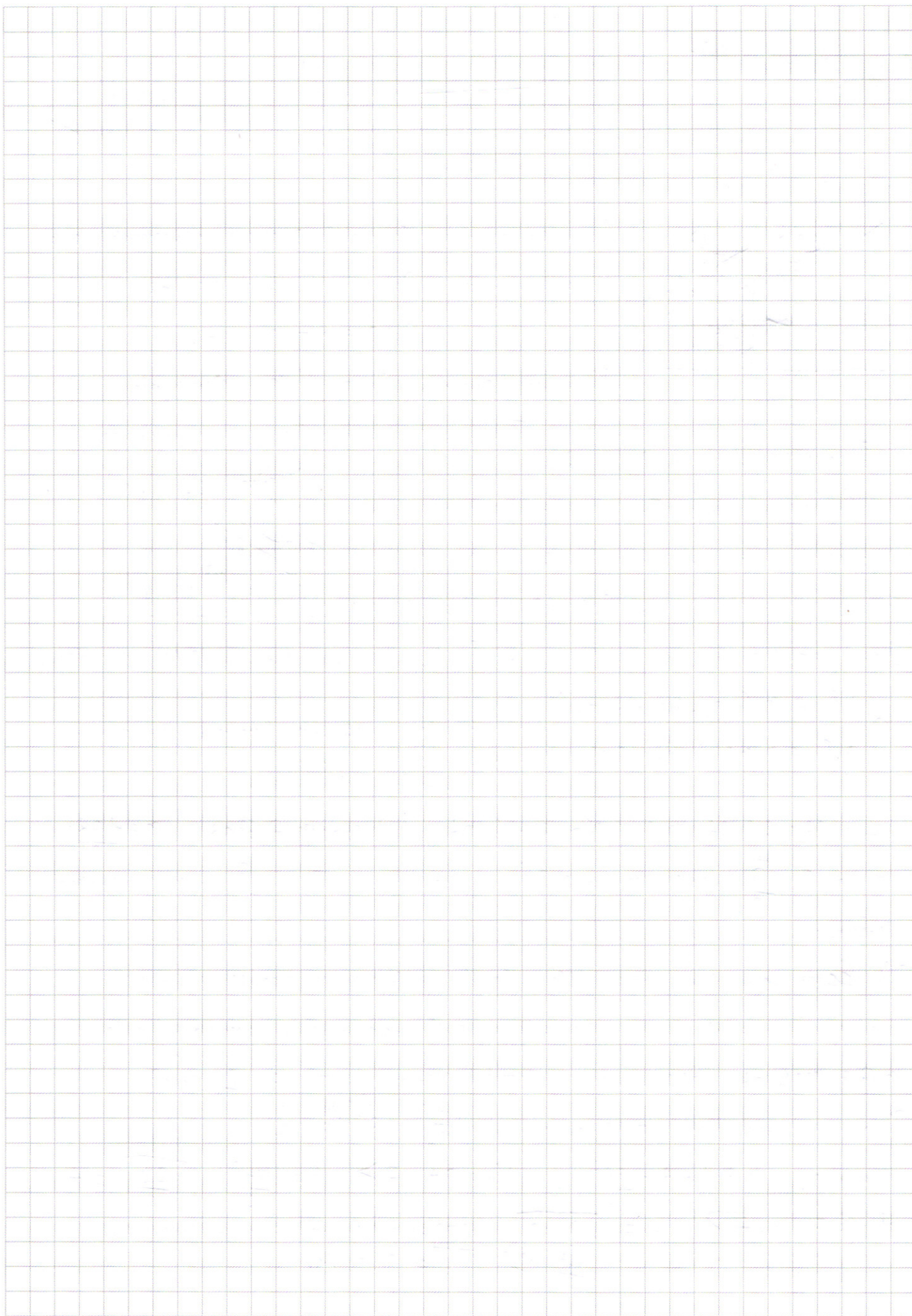
$$aR = mg \sin 2 + mg \cos 2 \cdot \mu \quad a = g(\sin 2 + \cos 2 \cdot \mu) = \frac{20}{3} \text{ м/с}^2.$$

Затем уравнение для равноускоренного движения $\frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 9} = \frac{1}{6}$

$$\text{длина. } S = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}. \quad V_0 = a \cdot t. \Rightarrow S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad \sqrt{\frac{25}{2}} = t.$$

$$t \cdot a = V_0. \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{25}{2} \cdot a}, \text{ положим цифру и получим.}$$

$$\frac{5}{10} \cdot \frac{20}{9} = \sqrt{18} = 3\sqrt{2} \text{ м/с.}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. Ответ: 1) Коэффициент трения скольжения равен $\frac{\sqrt{3}}{9}$, 2) Нужна начальная скорость $3\sqrt{2}$ м/с.

№4.

1) Если учесть тот факт что перед столкновением относительная скорость удара и скорости превращения в 0 раз v_0 от начальной скорости в момент удара считаем, то можно предположить что кинетическая энергия удара была равна разности кинетической энергии. $E_k = \frac{mv^2}{2}$. $E_{k1} = \frac{0,3 \cdot 4}{2} = 0,6$ Дж. $E_{k2} = \frac{0,3 \cdot 9}{2} = 0,9$ Дж. Тогда $E_k - E_{k1} = E_{ум} = 0,3$ Дж.

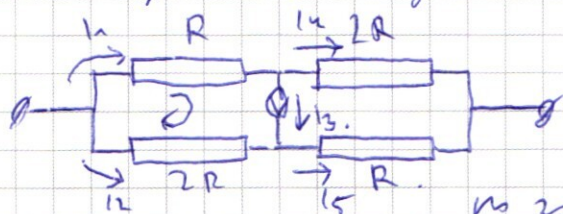
2) Тогда работу можно найти предположив E . И это предположение в E_{k2} . $E = \frac{mv^2}{2}$, $v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \Rightarrow \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{0,2}}$, $v = \sqrt{3}$ м/с.

Тогда v_0 это передаточная скорость, а другая скорость с которой $\sqrt{3}$ м/с. Тогда закон $2h = \sqrt{3} \cdot t$. $t = \frac{2\sqrt{3}}{3}$ сек. Это и требуется найти.

Ответ: 1) Максимальная кинетическая энергия равна 0,3 Дж. 2) Время равно $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ сек расстояние между ними будет равно 2 м.

№5

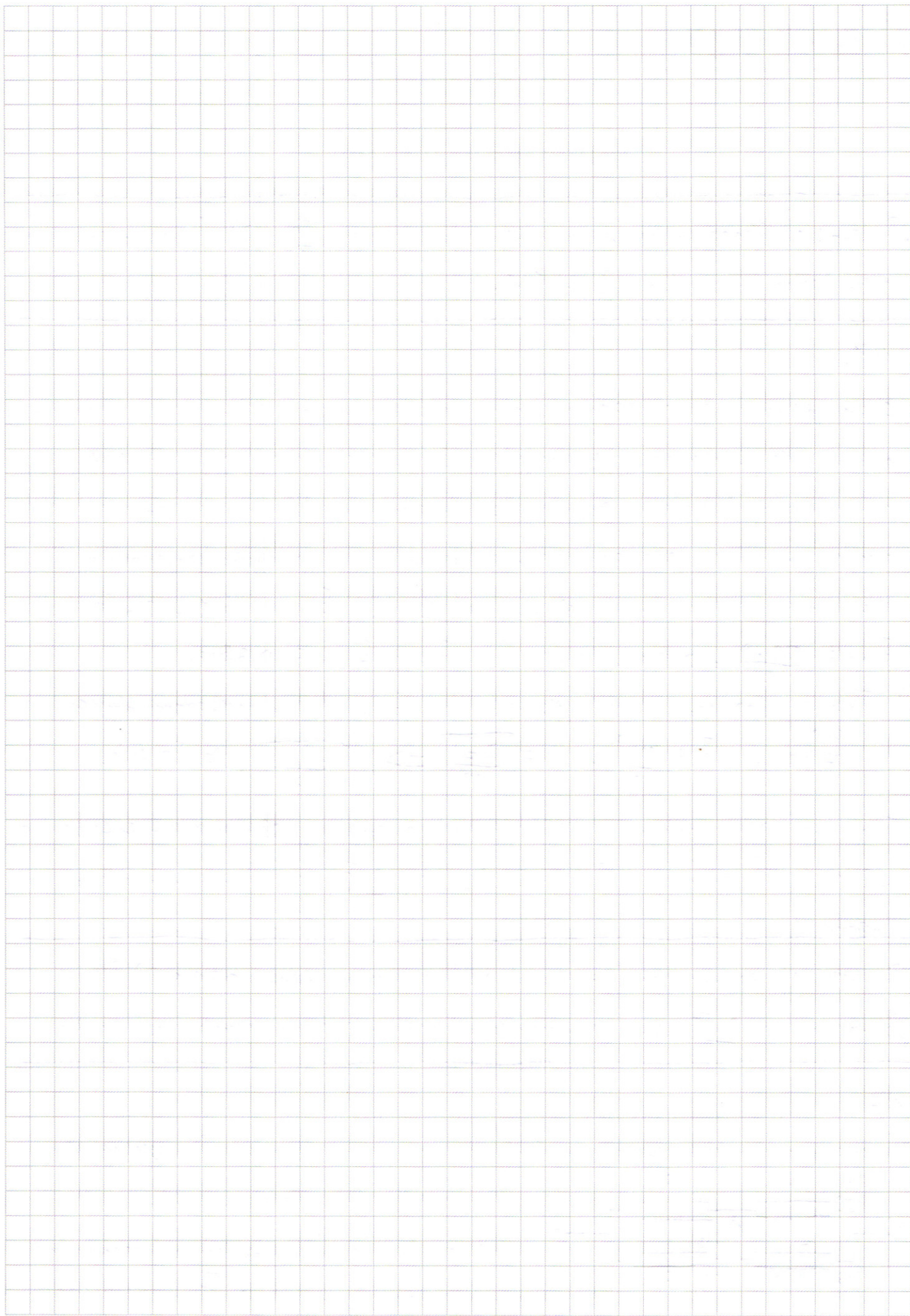
1) Цепочку можно считать с включенными вольтметрами. Нормальные цепи



Нормальные цепи, тогда считаем что

$I_1 = I_5$, $I_2 = I_4$. Как известно напряжение

на закороченных контактах равно 0. Тогда для каждого



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Результатом отключения выключателя является то, что $I_1 \cdot R + U = 2I_2 R$.

Ввиду того что выключатель открыт, то в цепи не течет ток.

А значит он не выделяет тепла. ~~А значит он не выделяет тепла.~~

~~Значит для данного тока, $I_2 = I_1$ ток не течет.~~

Ввиду того что по цепи из батареи отсутствует сопротивление

Значит $I_1 = I_2$, тогда получаем что $U = I_1 R$, откуда $R = \frac{U}{I_1}$.

По условию требуется найти ток $I_1 + I_2 = I_2$. Значит $U_0 = 2I_1 \cdot R_{\text{вн}}$,

где $R_{\text{вн}}$ — сопротивление внешней цепи. Так как выключатель открыт мы

можем выключить его из цепи и получить что $R_{\text{вн}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{3R} + \frac{1}{3R}\right)} = \frac{3R}{2}$.

Подставив и получим что $U_0 = 3R \cdot I_1$, $U_0 = 3U$

$U_0 = 12 \text{ В}$.

2) Рассчитать потери в цепи с амперметром.

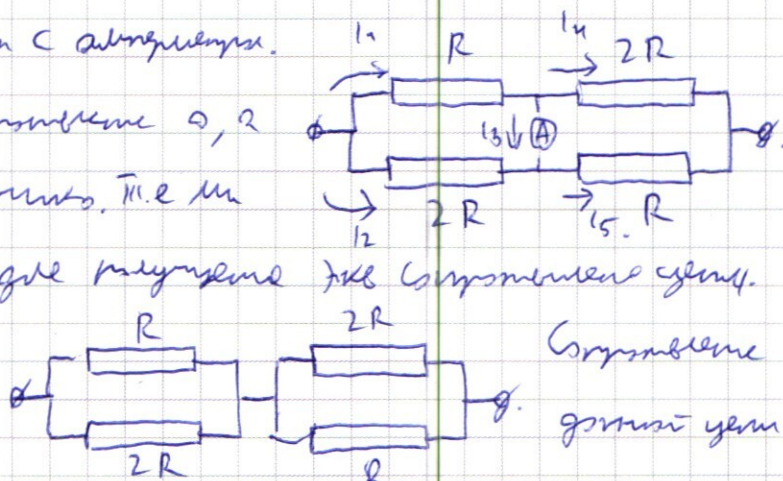
У идеального амперметра сопротивление 0,2

значит это можно пренебречь. Т.е. мы

можем считать его в цепи где находится ток сопротивление равно 0.

И получим следующую схему

Легко заметить и что



Сопротивление
данный цепи

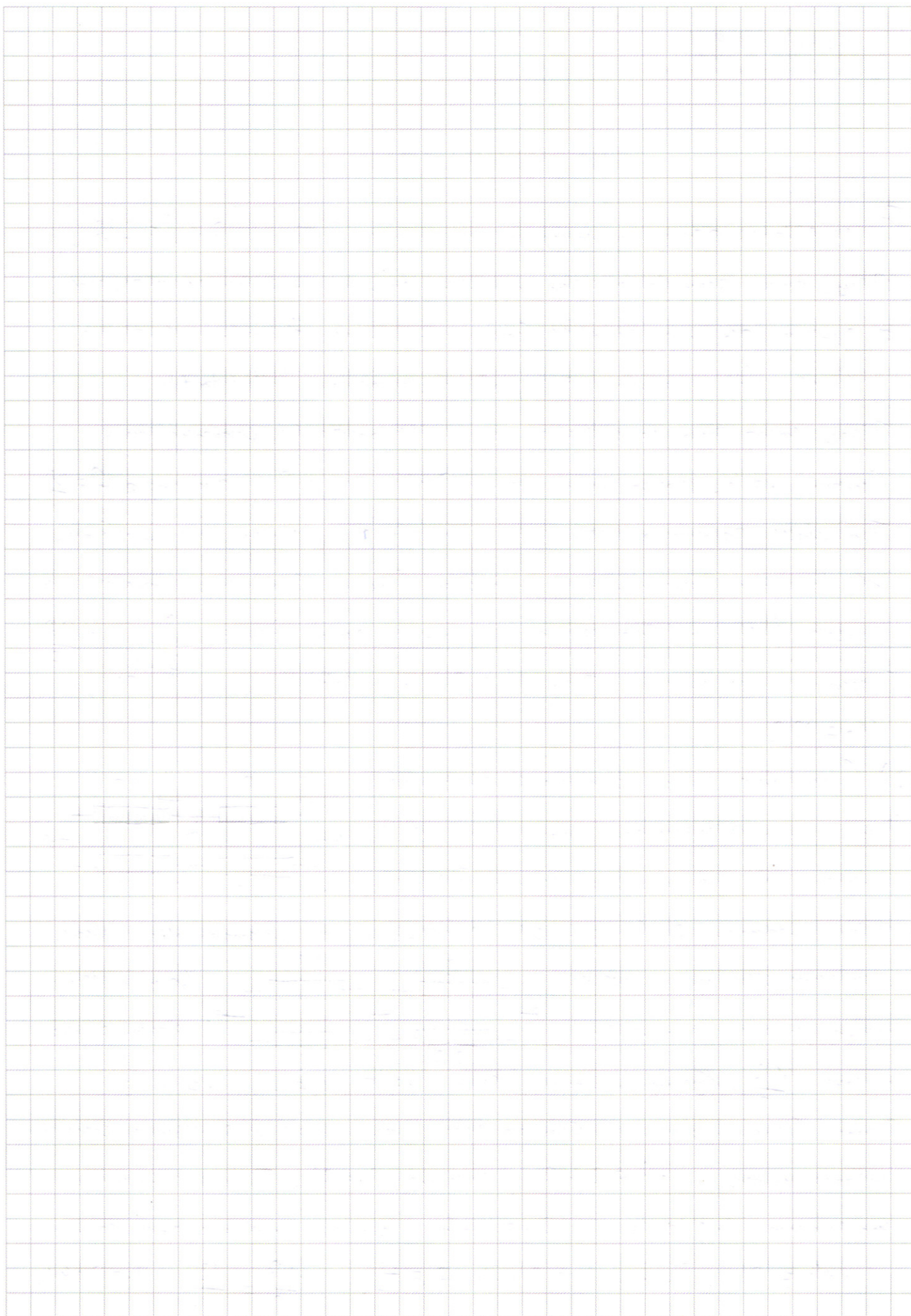
равно $\frac{4R}{3}$. Ввиду этого имеем $I_1 = I_5$, $I_2 = I_4$. $I_1 = I_2 + I_3$.

Теперь воспользуемся соотношением что напряжение во всех частях цепи

одинаково. $I_1 R = 2I_2 R$, откуда $I_1 = 2I_2$. Теперь запишем 4

уравнения $I_1 = I_2 + I_3$. $2I_2 = I_2 + I_3$ $I_2 = I_3$. То есть получим ток

$I_1 + I_2 = 3I_2$, Значит $I_2 = \frac{1}{3} I_1 = \frac{1}{3} I_5$. $R_{\text{вн}} = \frac{U_0}{I_2}$. $\frac{4R}{3} = \frac{12}{\frac{1}{3} I_5}$ $I_5 = 30 \text{ мА}$.

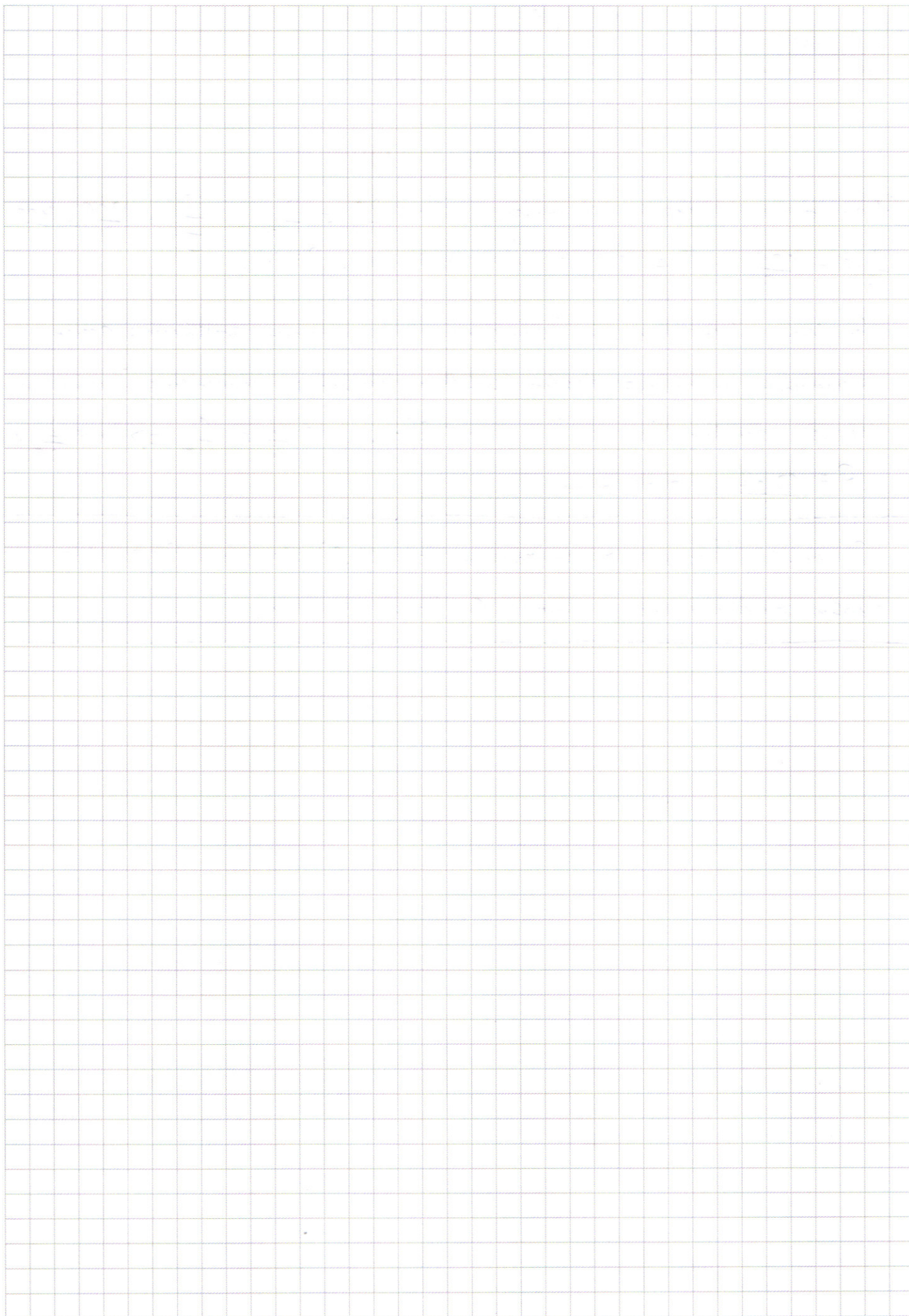


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Что дано из условия задачи. $3I_3 = \frac{90}{1000} = \frac{9}{100}$, $\frac{12}{\frac{1}{9}} = \frac{1200}{9} = \frac{400}{3}$
 $\frac{4}{3}R = \frac{400}{3}$, $R = 100 \Omega$. Как известно. $P = UI$.

Мы знаем всю цепь с включением вольтметра заведомо один
резистор, который должен быть равен нулю не может. Мощность
на нем будет U_0 а $I = I_{2k} = 2I_1$, $I_1 = \frac{U}{R} = \frac{1}{25} \Rightarrow I_{2k} = \frac{2}{25} A$.
 $P = \frac{12 \cdot 2}{25} = 0,96 \text{ Вт}$.

Ответ: 1) Мощность источника $U_0 = 12 \text{ В}$, 2) Мощность $P = 0,96 \text{ Вт}$
дуга рассеивается в цепи с вольтметром.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)