



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t = 0$ до $t = 4T$.

2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.

3. Найдите работу A силы F за время от $t = 0$ до $t = T$.

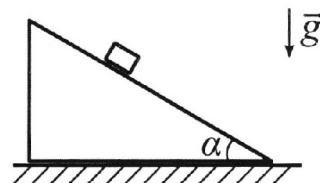
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

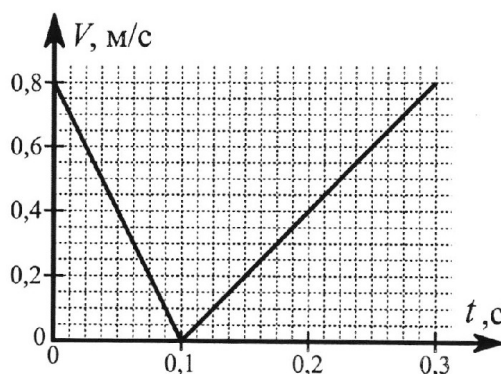
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,2$ кг, масса клина $2m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.

2. Найдите модуль $F_{тр}$ наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,3$ с.

3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





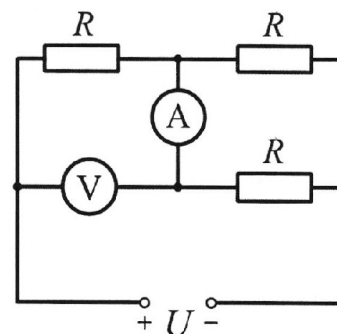
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание U_V вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10$ °С, помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды $n = 9/7$.

1. Найдите долю δ массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру t_2 льда.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$V = V_0 \left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right)$$

$$s = \int_0^T V dt = \int_0^T V_0 \left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) dt = V_0 \left(t - \frac{t^3}{3T^2}\right) \Big|_0^T = V_0 \left(T - \frac{T^3}{3T^2}\right) = V_0 \left(T - \frac{T}{3}\right) = \frac{2}{3} V_0 T$$

1. Найдем момент остановки и извлеченные координаты T_0 :

$$0 = V_0 \left(1 - \frac{T_0^2}{T^2}\right) \Rightarrow T_0 = T$$

$$s = \int_0^T v dt + \int_T^{4T} (-v) dt = V_0 \left(\int_0^T \left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) dt - \int_T^{4T} \left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) dt \right) = V_0 \left(\left(t - \frac{t^3}{3T^2}\right) \Big|_0^T - \left(t - \frac{t^3}{3T^2}\right) \Big|_T^{4T} \right) = V_0 \left(\left(T - \frac{T}{3}\right) - \left(4T - \frac{64T}{3}\right) + \left(T - \frac{T}{3}\right) \right) = V_0 \left(\frac{T}{3} - 4T + \frac{64T}{3} + \frac{T}{3} - \frac{T}{3} \right) = V_0 \left(\frac{62T}{3} - 4T \right) = V_0 \left(\frac{50T}{3} \right) = \frac{50}{3} V_0 T = s \Rightarrow s = 40 \mu$$

2. ускорение

$$a = \frac{dv}{dt} = -\frac{2t}{T^2} V_0$$

$$F = m a = \frac{m v_0}{T} = F \Rightarrow F = 0.4 \text{ Н}$$

$$3. dA = F dx \Rightarrow A = F \int_0^T V_0 \left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) dt = -F \frac{V_0 T}{2} = -\frac{m v_0}{T} \frac{V_0 T}{2} = -\frac{m V_0^2}{2} = -1.6 \text{ Дж} = A$$

Ответ: 1. $s = 40 \mu$, 2. $F = 0.4 \text{ Н}$, 3. $A = -1.6 \text{ Дж}$.

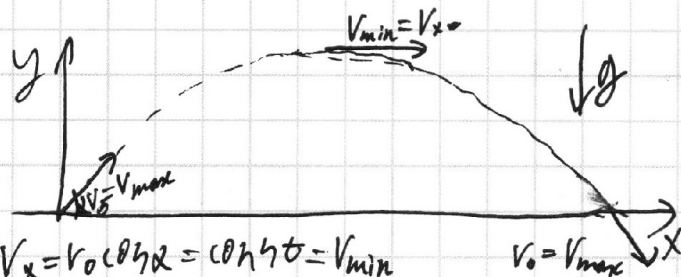


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
7 ИЗ 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$V_x = V_0 \cos \alpha = \cos \alpha \cdot t = V_{min}$$

$$V_x = V_{min}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = \sqrt{3} V_{min} - \frac{gt^2}{2}$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} - \text{min, когда } V_y \text{ min, max, когда } V_y \text{ max, m.k. } V_{y0} - \text{const}$$

$$\text{Поэтому } V_{min} = V_x, V_{max} = V_0$$

$$t = T$$

$$V_{y0}$$

$$\begin{cases} V_y = V_{y0} - gT \\ V_y = V_{y0} \end{cases} \Rightarrow V_{y0} = 2gT \Rightarrow V_{min} = \frac{2gT}{\sqrt{3}} \Rightarrow \tan \alpha = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$V_0 = V_{max} = 2V_{min} = \frac{4gT}{\sqrt{3}} = V_0$$

$$X = V_x t = V_0 \cos \alpha t = \frac{2gT}{\sqrt{3}} t$$

$$y = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 2gT t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = y\left(\frac{T}{2}\right) = 2g \frac{T^2}{2} - \frac{gT^2}{8} = \frac{7}{8} g T^2 = \frac{7}{8} \cdot 10 \cdot 16 \text{ м} = 140 \text{ м}$$

$$s = X(T) = \frac{2gT^2}{\sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 16}{\sqrt{3}} = \frac{320}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } H = 140 \text{ м}, s = \frac{320}{\sqrt{3}} \text{ м}, R = \frac{2560}{3} \text{ м.}$$

ном. Траектория:

$$V_y = \sqrt{V_{max}^2 - V_{min}^2} = V_{min} \sqrt{2^2 - 1} = \sqrt{3} V_{min} = V_{y0}$$

$$V_{min} = \frac{V_{y0}}{\sqrt{3}}$$

$$V_0^2 = V_x^2 + V_y^2 = V_{min}^2 + V_{y0}^2 = V_{min}^2 + 3V_{min}^2 = 4V_{min}^2$$

$$V_0 = 2V_{min}$$

$$R = \frac{V_0^2}{g \cos \alpha} = \frac{4V_{min}^2}{g \cos 60^\circ} = \frac{4 \cdot \left(\frac{2gT}{\sqrt{3}}\right)^2}{g \cdot \frac{1}{2}} = \frac{16}{3} \cdot 16 \text{ м} = \frac{2560}{3} \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА

2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{cases} F_{\text{max}1} \leq \mu N_1 \\ F_{\text{max}2} \leq \mu N_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.48g + x \leq \mu (3.64g - \frac{6}{8}x) \\ 0.48g + x \leq \mu (3.64g - \frac{6}{8}x) \end{cases} \Rightarrow \mu \geq \frac{0.48g + x}{3.64g - \frac{6}{8}x} \Rightarrow \mu \geq \frac{4.8 + 2}{36.4 - \frac{6}{4}} = \frac{6.8}{34.9} = \frac{68}{349}$$

Отв: $\sin \alpha = 0.6$, $F_{\text{max}} = 7.36$, $\mu \geq \frac{68}{349}$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

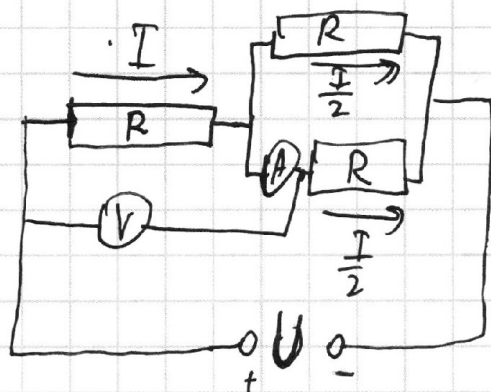
7
☐

СТРАНИЦА

1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Перечислим эквивалентную схему



Согласно закону Ома,
и 1-го. Кирхгофа, составим
уравнения. Можно считать
идеальными.

$$IR + \frac{I}{2}R = U \Rightarrow I = \frac{U}{1.5R} = \frac{30}{150} \text{ A} = \frac{1}{5} \text{ A} = 0.2 \text{ A}$$

$$U_V = IR = 20 \text{ В}$$

$$P = UI = 4 \text{ Вт}$$

Ответ: $I = 0.2 \text{ A}$, $U_V = 20 \text{ В}$, $P = 4 \text{ Вт}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

m_0 - начальная масса льда (или воды)

Δm - масса замерзшей воды

$$n = \frac{m + \Delta m}{m - \Delta m} \Rightarrow \dots$$

$$n = \frac{m + \Delta m}{m - \Delta m} \Rightarrow m(n-1) = \Delta m(n+1) \Rightarrow \frac{\Delta m}{m} = \frac{n-1}{n+1} \Rightarrow \frac{m}{\Delta m} = \frac{n+1}{n-1}$$

Если δ - доля от общей массы воды и льда

$$\delta = \frac{\Delta m}{2m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{n-1}{n+1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{16} = \frac{1}{16}$$

Если δ - доля от массы только льда

n - количество балла

$$\delta = \frac{\Delta m}{m} = \frac{n-1}{n+1} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 0.125 = 12.5\%$$

γ - коэффициент (м.к. не в явном виде масса льда, но подставляется)

$$(t_1 - t_0)(m + \lambda \Delta m) = (t_0 - t_2)c_L m$$

$$t_2 = t_0 - \frac{(t_1 - t_0)(\lambda + \frac{\Delta m}{m})}{c_L} = \frac{(t_1 - t_0)(\lambda + \delta \lambda)}{c_L} = \frac{10 \cdot 9.2 + \frac{336}{8}}{2.1} = -(20 + 20) = -40^\circ\text{C}$$

Ответ: $\delta = 12.5\%$, $t_2 = -40^\circ\text{C}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

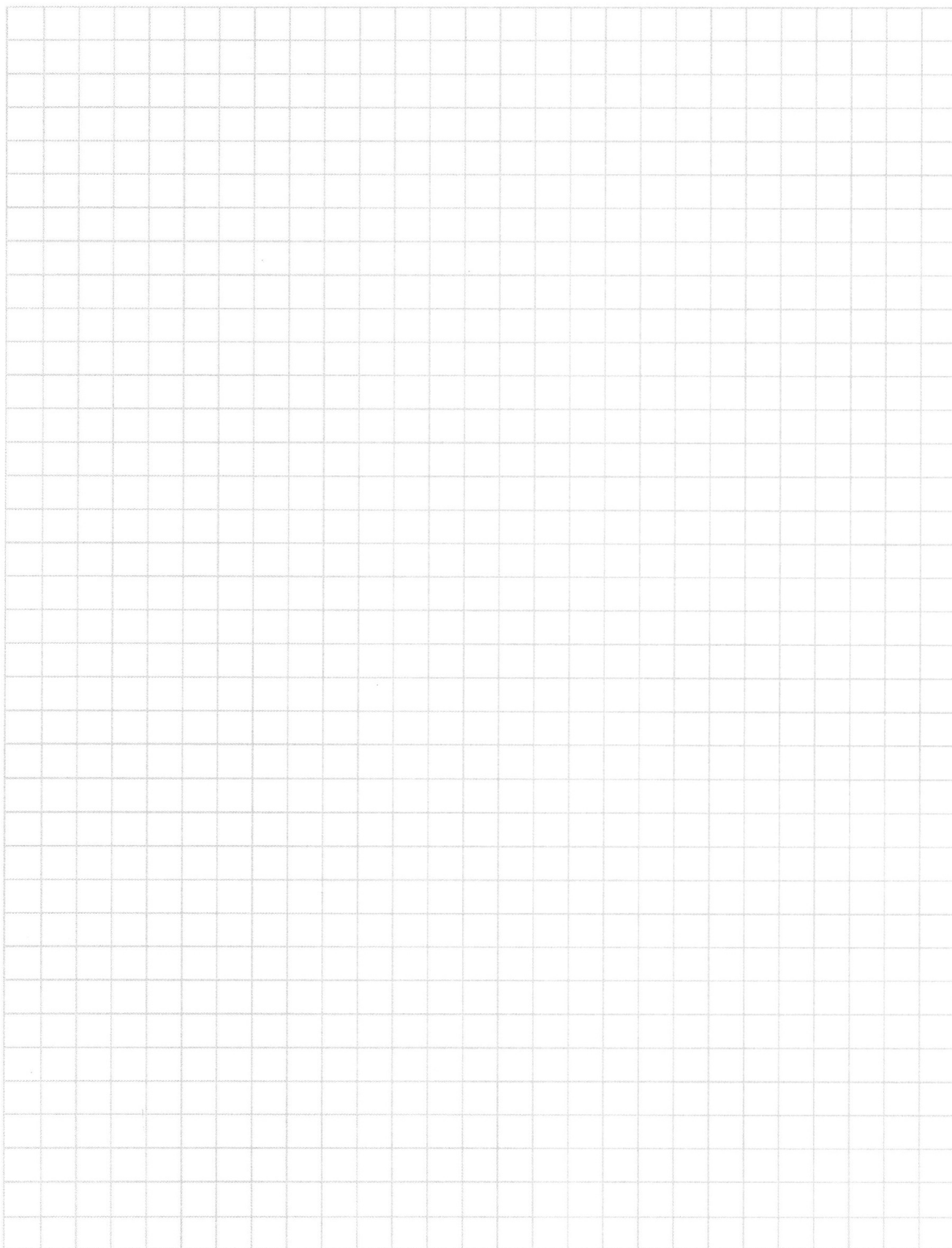
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

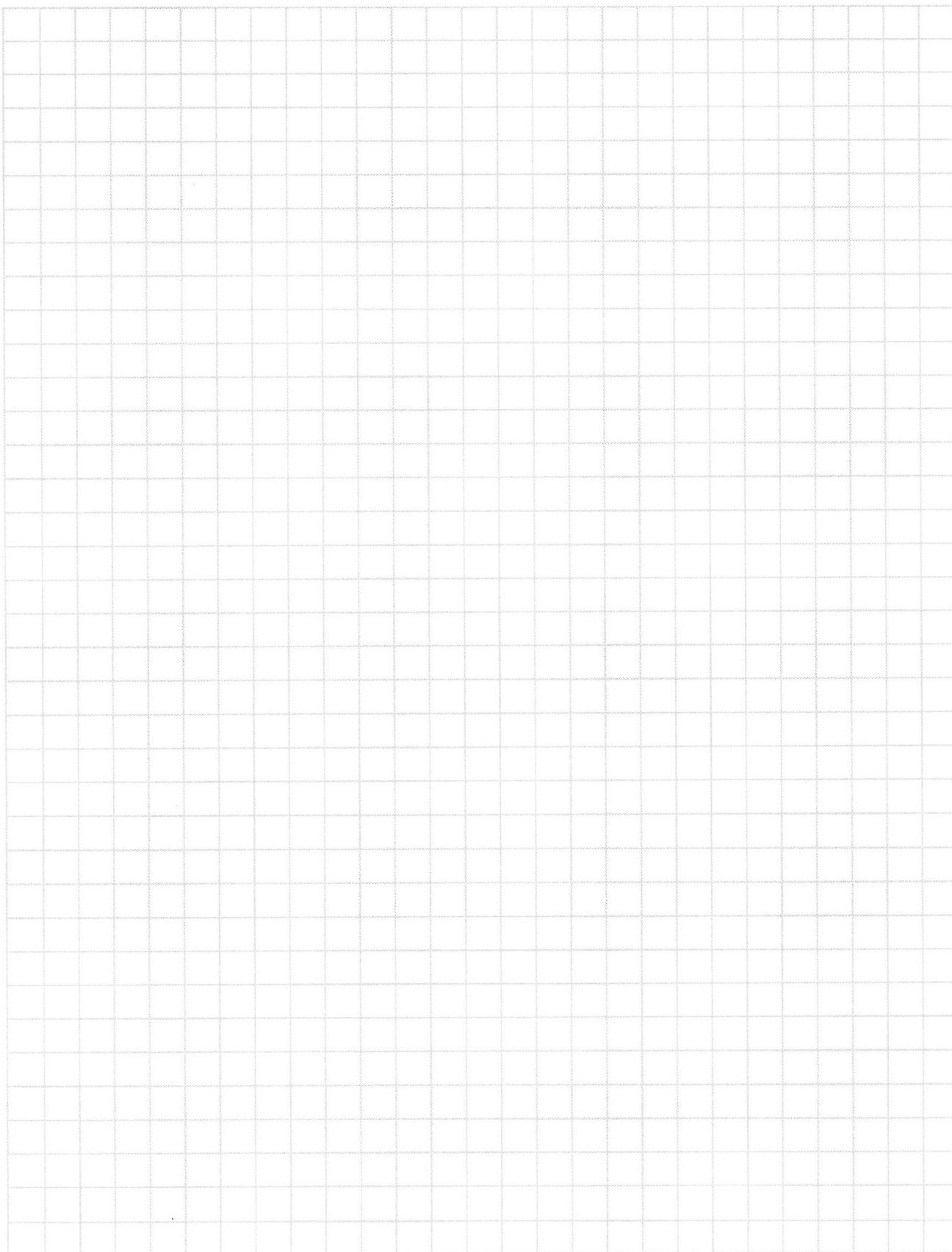
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

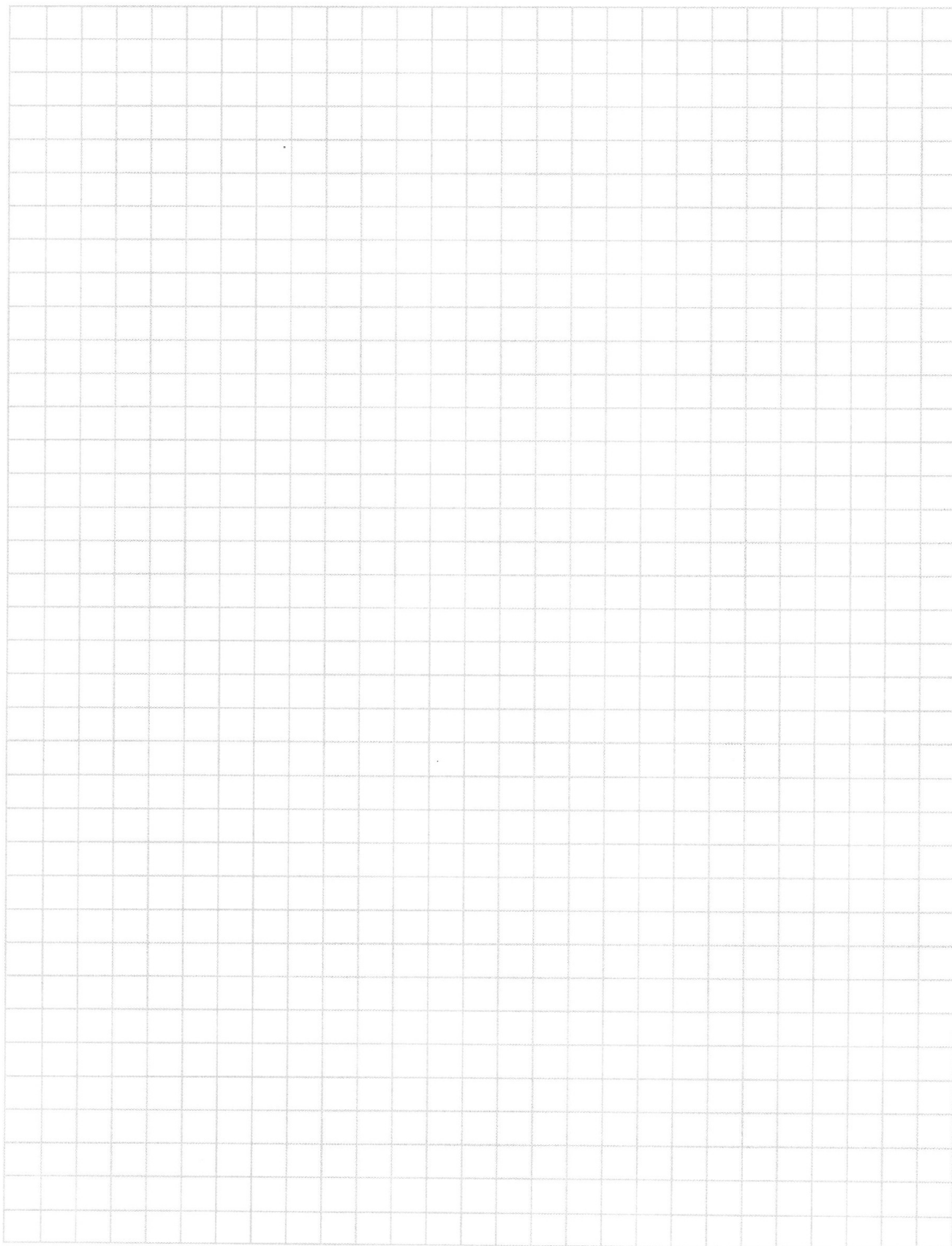
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

