



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



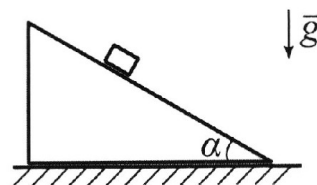
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=3T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

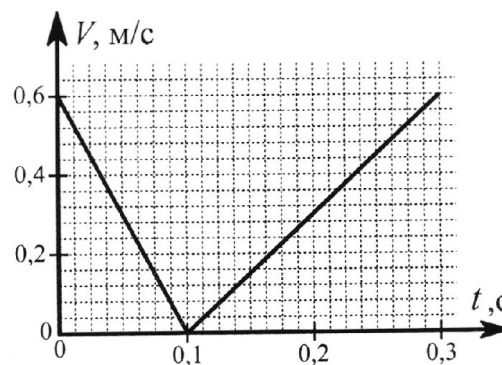
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите вертикальное перемещение H камня за первые $T = 2$ с полета.
2. Найдите модуль $|\vec{r}(T)|$ перемещения камня за первые $T = 2$ с полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории камня в момент времени $T = 2$ с.

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 $m = 0,4$ кг, масса клина $1,5m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль N силы нормальной реакции, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,1$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





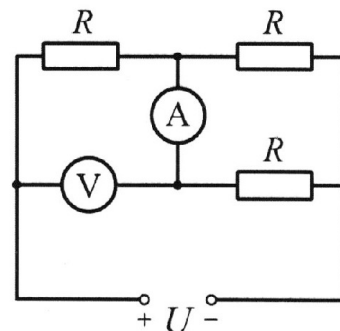
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 200$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 120$ 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 I_A амперметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при неизвестной температуре t_1 °С, помещают лед, температура которого $t_2 = -20$ °С. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы воды к массе льда $n = 11/9$.

1. Найдите долю δ массы льда, превратившейся в воду.

2. Найдите начальную температуру t_1 воды калориметре.

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.

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!

Дано:
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $V_0 = 2 \text{ м/с}$
 $T = 4 \text{ с}$
 $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$

Построить график зависимости $V(t)$

Путь за время от $t=0$ до $t=3T$ можно найти и по площади под графиком

$$\frac{T \cdot V_0}{2} + \frac{(3T - T) 2V_0}{2} = 2,5 V_0 T = 2,5 \cdot 2 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 20 \text{ м}$$

Направление движения шайбы не меняется, введем ось x по направлению движения (см. рис)

или ускорение a можно найти и по графику:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_0}{T} = \frac{2 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$
$$F_x = a \cdot m = \frac{V_0}{T} m = 0,5 \text{ м/с}^2 \cdot 0,4 \text{ кг} = 0,2 \text{ Н}$$
$$A = F \cdot S$$
$$S = -\frac{V_0 T}{2}$$
$$A = -\frac{V_0 T}{2} F = -0,8 \text{ Дж}$$

Ответ: 1. 20 м
2. 0,2 Н
3. -0,8 Дж



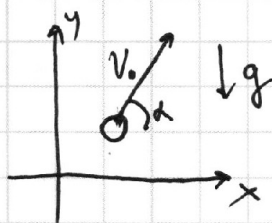
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Дано:
 $\alpha = 10^\circ$
 $T = 2\text{ с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\Delta V_0 = \frac{V_0}{2}$



вв. СК:

x: $a_x = 0$

$V_x = V_0 \cos \alpha$

y: $a_y = -g$

$V_y = V_0 \sin \alpha - gT$

Ответ: 1. 20 м

2. $20\sqrt{3} \approx 30 \text{ м}$

3. $\frac{40}{3} \text{ м} \approx 13,33 \text{ м}$

$x: t = T = 2\text{ с} : V_2 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$

$\frac{V_0}{2} = \sqrt{\frac{V_0^2}{4} + (V_0 \sin \alpha - gT)^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow (V_0 \sin \alpha - gT)^2 = 0$

$V_0 \sin \alpha = gT$

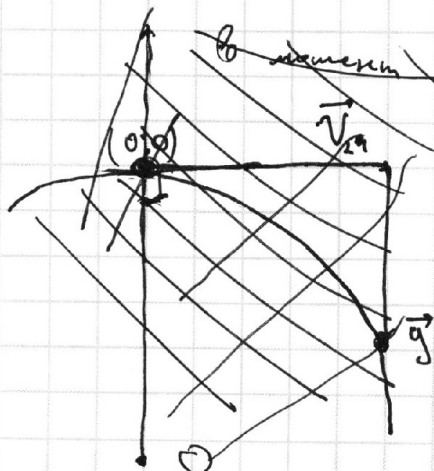
$S_y = V_{0y}T - \frac{gT^2}{2} = V_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2} = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2}$
 $= \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{ с}^2}{2} = 20 \text{ м}$

$|\vec{r}_0(T)| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} = \sqrt{V_{0x}^2 T^2 + S_y^2} = \sqrt{(V_0 \cos \alpha)^2 T^2 + S_y^2}$

$= \sqrt{(gT \cot \alpha)^2 T^2 + S_y^2} = \sqrt{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3})^2 \cdot 4 \text{ с}^2 + 20^2} =$

~~$= \sqrt{400 \text{ м}^2 + \frac{1600 \text{ м}^2}{3}} = \sqrt{\frac{2800 \text{ м}^2}{3}} = 20\sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м} \approx 30 \text{ м}$~~

$\sqrt{400 \text{ м}^2 + \frac{1600 \text{ м}^2}{3}} = \sqrt{\frac{2800 \text{ м}^2}{3}} = 20\sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м} \approx 30 \text{ м}$



~~В момент времени 2T указать радиальную и тангенциальную скорости
 $V_2 = \frac{40}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$ и указать ее направление
по отношению к вектору $g = 10 \text{ м/с}^2$
вв. СК (нужно)~~

Рассмотрим движение камня как движение по окружности:

$a_x = 10 \text{ м/с}^2$
 $V = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$
 $R = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$

$a_{xc} = \frac{V^2}{R}$
 $R = \frac{V^2}{a_{xc}} = \frac{\frac{400 \text{ м}^2/\text{с}^2}{3}}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{40}{3} \text{ м}$



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
1 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!

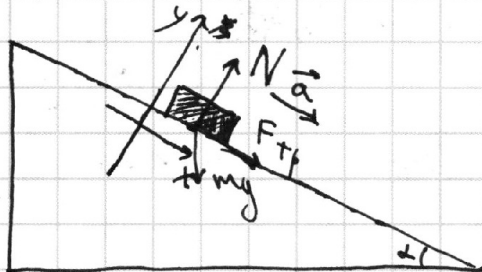
Дано:

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$M = 1,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Скалка шайба движется вверх:



$$y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

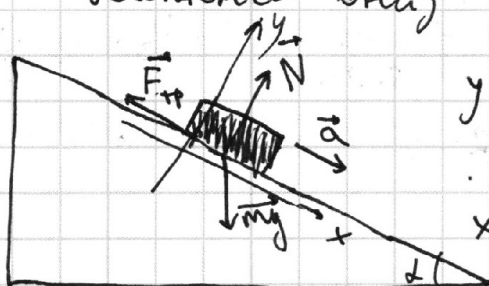
$$x: mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma_1$$

$$mg \sin \alpha + \mu N = ma_1$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_1$$

$$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Потом она останавливается
и движется вниз



$$y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$x: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_2$$

$$mg \sin \alpha - \mu N = ma_2$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = a_2$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Из графиков $a_1 = \frac{0,6 \text{ м/с}^2}{0,1 \text{ с}} = 6 \text{ м/с}^2$

$$a_2 = \frac{0,6 \text{ м/с}^2}{0,2 \text{ с}} = 3 \text{ м/с}^2$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{9 \text{ м/с}^2}{20 \text{ м/с}^2} = 0,45$$

$$\cos \alpha \approx 0,89 \Rightarrow \mu \approx 0,17$$

В любой момент $N = mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot$

$$\sqrt{0,7921} \approx 0,89 \text{ Н} = 3,56 \text{ Н}$$

Рассмотрим силы, действующие на клин:

Сила реакции опоры $R = mg \cos \alpha$

Сила реакции опоры $N = Mg$ - по III закону Ньютона

Сила трения о шайбу $\mu mg \cos \alpha$

и сила трения о поверхность



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.

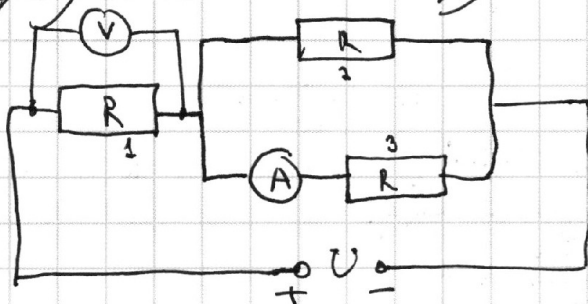
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Перерисуем эквивалентную схему



общее сопротивление
цепи $R_0 = R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} =$
 $\approx 1,5 R$

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{2}{3} \frac{U}{R} = \frac{2}{3} \cdot \frac{120 \text{ В}}{200 \Omega} = 0,4 \text{ А}$$

Определим режимы элементов (см. на схеме)

$$I_{123} = I_1 = I_0 = 0,4 \text{ А}$$

$$I_{123} = I_2 + I_3$$

$$\begin{cases} U_2 = U_3 = U_0 \\ R_2 = R_3 = R \end{cases} \Rightarrow I_2 = I_3 = \frac{I_{123}}{2} = \frac{0,4 \text{ А}}{2} = 0,2 \text{ А}$$

$$I_A = I_3 \text{ (по ш. цепи)}$$

$$I_A = 0,2 \text{ А}$$

$$P = U \cdot I$$

$$P_0 = P_1 + P_2 + P_3 = 4 \text{ Вт}$$

№ R	I, А	U, В	P, Вт
1	0,4	80 В	32
2	0,2	40 В	8
3	0,2	40 В	8

ответ: 1. 0,4 А
2. 0,2 А
3. 48 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!

$$t_2 = -20^\circ\text{C}$$

$$m_B = m_A = m$$

$$c_B = 4,2 \cdot 10^3$$

$$c_A = 2,1 \cdot 10^3$$

$$\lambda = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$n = \frac{11}{9}$$

$$\frac{m_{\text{ок}}}{m_{\text{ак}}} = n$$

$$Q_A = Q_B$$

конечная температура $t = 0^\circ\text{C}$ так

и вода и лед участвуют и

поэтому теплое уравнение

$$c_A m_A \Delta t + \lambda m_{\text{пл}} = m_B c_B \Delta t$$

$$m c_A (t_0 - t_2) + \lambda m_{\text{пл}} = m c_B (t_1 - t_0)$$

конечная масса воды

$$\frac{m + \delta m}{m + \delta m} = \frac{11}{9}$$

$$\frac{m + \delta m}{m + \delta m} = \frac{11}{9}$$

конечная масса льда

$$9m + 9\delta m = 11m - 11\delta m$$

$$2m = 20\delta m$$

$$\delta = 0,1$$

$$m c_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta m = m c_B \Delta t$$

$$c_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta = c_B t_1 - c_B t_0$$

$$t_1 = \frac{c_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta + c_B t_0}{c_B}$$

$$= \frac{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{2} 20^\circ\text{C} + 336000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,1 + 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0^\circ\text{C}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}$$

$$= 18^\circ\text{C}$$

Ответ: 1. 0,1
2. 18°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!

$$400 \cdot 3 + 400 \cdot 4$$

$$400 \cdot 7 = 2800$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 0,45 \\ 0,45 \\ 25 \\ 200 \\ 0,2025 \\ 0,7975 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 0,99 \\ 0,12 \\ 178 \\ 69 \\ 1068 \\ 20 \\ 136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 0,95 \\ 0,95 \\ 475 \\ 855 \\ 0,9025 \\ 0,7225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,87 \\ 0,87 \\ 425 \\ 880 \\ 0,7225 \\ 69 \\ 0,7562 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 78 \\ 0,89 \\ 0,89 \\ 801 \\ 712 \\ 0,7921 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ 3 \\ 0,89 \\ 4 \\ 356 \\ 0,44 \\ 0,356 \end{array}$$

$$6 = 10 (0,45 + 0,99 \cdot \mu)$$

$$0,6 = 0,45 + 0,9\mu$$

$$0,15 = 0,9\mu$$

30

$$\mu = \frac{0,15}{0,9} = \frac{0,5}{3}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 0,99 \cdot 0,4 \\ 4 \\ 63,86 \end{array}$$

$$\frac{1}{6} = 0,166$$

$$\begin{array}{r} 33600 \\ 4200 \end{array}$$

$$\frac{56}{7} = 8$$



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
☐

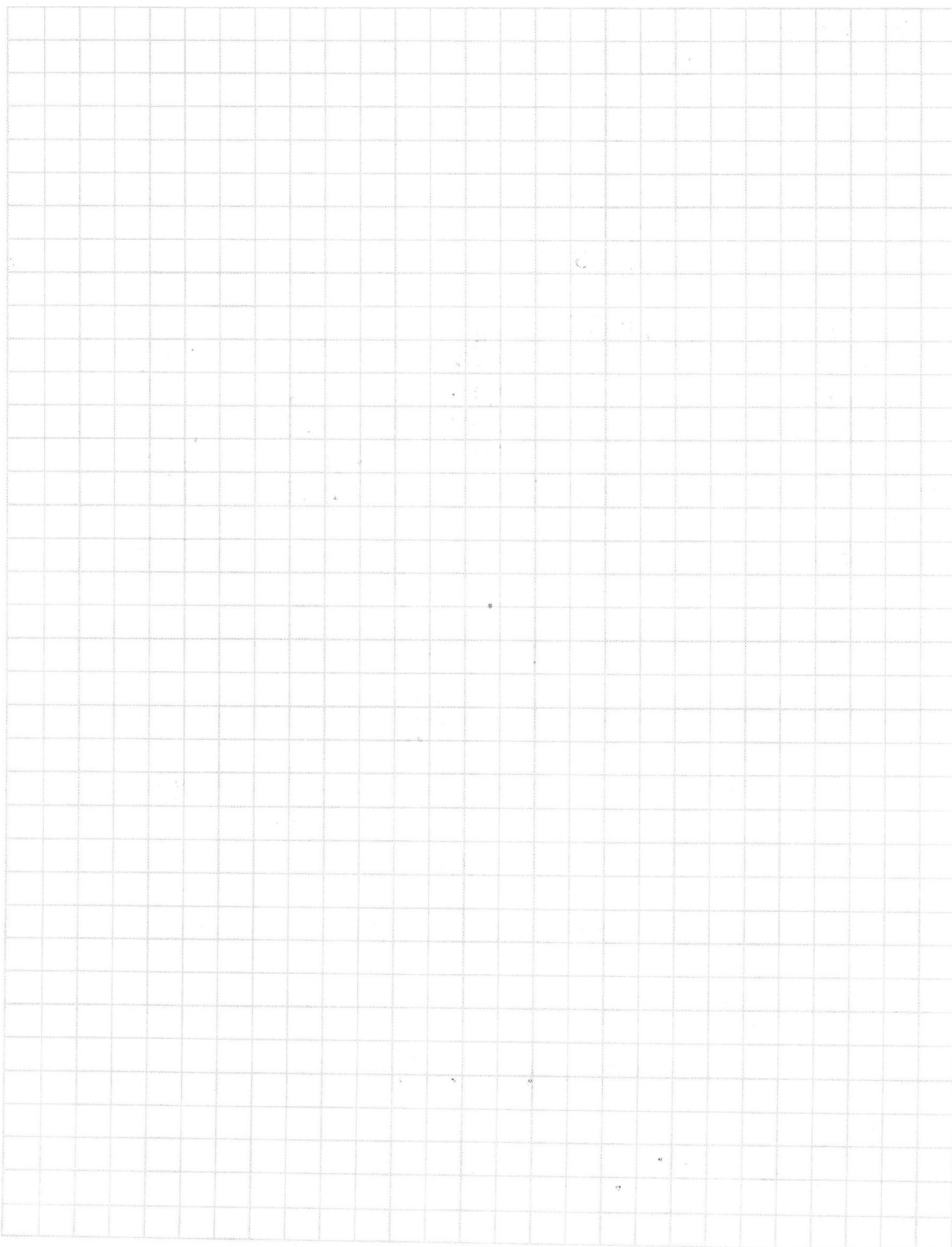
5
☐

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!



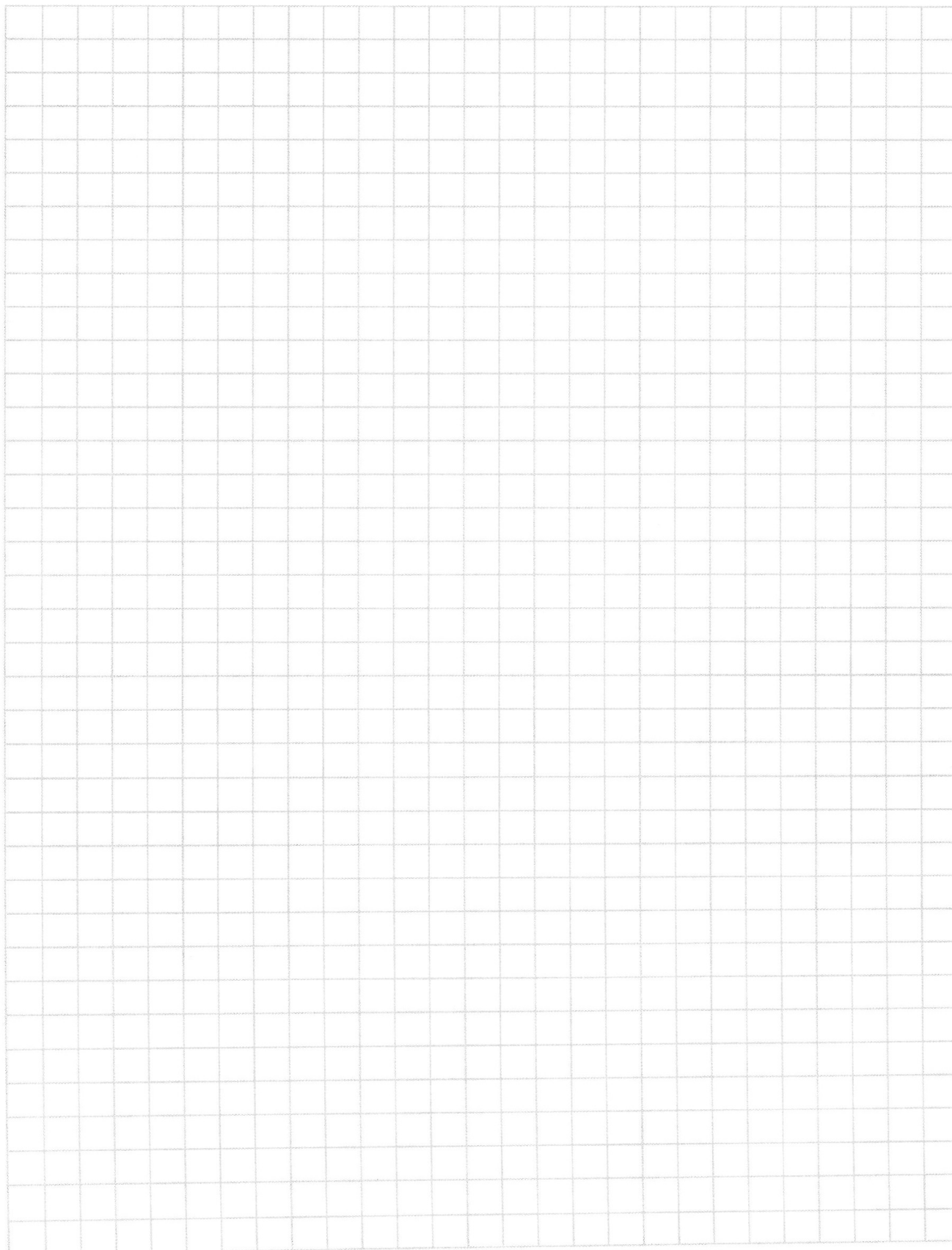


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

