



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.

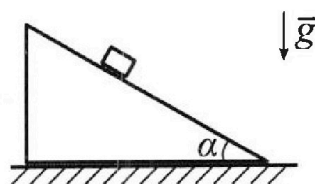
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

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.

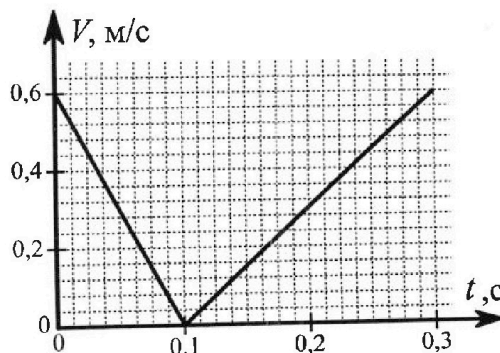
1. Найдите вертикальное перемещение H камня за первые $T = 2$ с полета.
2. Найдите модуль $|\vec{r}(T)|$ перемещения камня за первые $T = 2$ с полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории камня в момент времени $T = 2$ с.

$$\frac{12 \cdot 18}{919} \approx \frac{214}{919}$$
$$0,2 + \frac{30}{92} = 0,23$$

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.

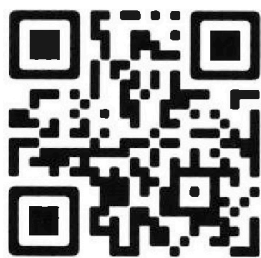


1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль N силы нормальной реакции, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,1$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения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



$$\frac{919}{23}$$
$$\frac{2757}{1838}$$

$$g + \frac{319}{36} = 17 + \frac{31}{36}$$
$$\frac{17,85}{5} =$$



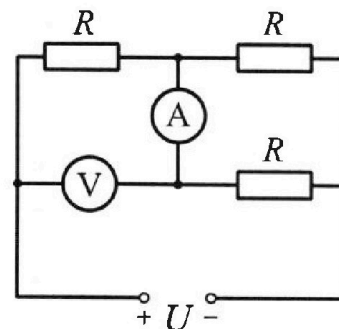
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 ☐

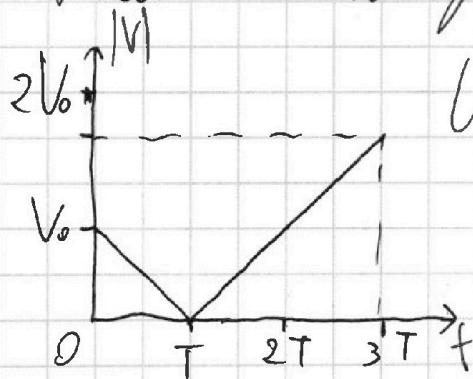
СТРАНИЦА 11 из 11

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!

$V = \frac{V_0}{T} t - V_0$ Возьмем производную по t и получим ускорение a . $a = \frac{V_0}{T}$. Теперь найдем S .

~~$S = \frac{a \cdot t^3}{2} - V_0 \cdot t = \frac{V_0 \cdot t^3}{2T} - V_0 \cdot t$~~
 ~~$\neq 1,5 V_0 T = 12 \text{ м}$~~

Для этого построим график $|V|$ от t .



И найдем площадь под крив.

$$S = \frac{1}{2} V_0 T = \frac{1}{2} \cdot 2V_0 \cdot 2T = 2,5 V_0 T = 20 \text{ м}$$

$$F = ma = \frac{mV_0}{T} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{4 \text{ с}} = 0,2 \text{ Н}$$

Сначала тело имело $E_{\text{кин}} = \frac{mV_0^2}{2}$, а в момент времени $t = T$, $V = (\frac{T}{T} - 1)V_0 = 0$, $E_{\text{кин}} = 0$. Тогда сила F совершила отрицательную работу и задала у тела кинетическую энергию.

$$A_F = -\frac{mV_0^2}{2} = -\frac{0,4 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = -0,8 \text{ Дж}$$

Ответ: $S = 20 \text{ м}$, $F = 0,2 \text{ Н}$, $A_F = -0,8 \text{ Дж}$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
11 из 11

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!

№ 2

Нарисуем треугольник скоростей:

Тогда $V_k \geq \cos(\alpha) V_0 = \frac{V_0}{2}$. То есть gT у нас суграйт когда $V_k = \cos(\alpha) V_0$, а значит V_k не имеет вертикальной составляющей. Тогда $\sin(\alpha) V_0 = gT = 20 \frac{м}{с}$

Тогда $H = \frac{gT^2}{2} = \frac{40м}{2} = 20м$

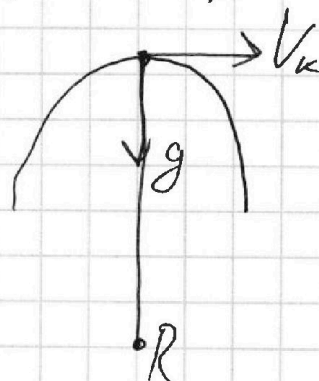
Найдем горизонтальное перемещение:

$$\cos(\alpha) V_0 T = \frac{40м}{\sqrt{3}} = V_k T$$

$$\text{Итого общее перемещение } S^2 = \left(\frac{40м}{\sqrt{3}}\right)^2 + (20м)^2 = \frac{1600м^2}{3} + 400м^2. S = \sqrt{\frac{1600м^2}{3} + 400м^2} \approx 30,5м$$

Найдем радиус кривизны:

$$\frac{V_k^2}{R} = g, R = \frac{V_k^2}{g} = \frac{c + g^2(gT)^2}{g} = \frac{g^2 T^2}{3g} = \frac{400 \frac{м^2}{с^2}}{30 \frac{м}{с^2}} = 13,3м.$$



Ответ: $H = 20м$, $S = 30,5м$, $R = 13,3м$



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
☐

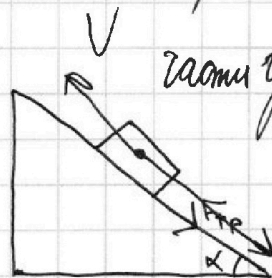
6
☐

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!

Сначала скорость шайбы ^{№3} уменьшалась, а затем увеличивалась - значит шайба была брошена вверх по наклонной, ведь если бы её бросили вниз, то она либо только увеличивалась, либо ^(скорость) остановилась. На первой



части ускорения шайбы замедляют обе силы, а значит у.к. на графике - её увеличение

$ma_1 = F_{тр} + mg \sin(\alpha) = \mu N + mg \sin(\alpha)$. А на второй части пути

$$ma_2 = mg \sin(\alpha) - F_{тр} = mg \sin(\alpha) - \mu N$$

$$m(a_1 + a_2) = 2mg \sin(\alpha), \sin(\alpha) = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{0,5 \frac{м}{с^2} + 0,6 \frac{м}{с^2}}{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2}} =$$

$$= \frac{0,55}{20} \cdot N = mg \cos(\alpha) = mg \cdot \sqrt{\frac{20^2 - g^2}{20^2}} = \frac{mg}{20} \cdot \sqrt{319} = \frac{mg}{20} \cdot \sqrt{319}$$

$\sqrt{319} \approx 17,7$. Очевидно, что больше шансов сдвинуться у клина будет когда на него

2 силы действуют сонаправленно.

$$\mu N = m \frac{a_1 - a_2}{2} = m \cdot \frac{0,5 \frac{м}{с^2} - 0,6 \frac{м}{с^2}}{2} = -0,05m$$

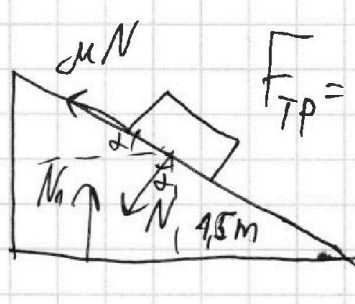


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
11 из 12

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!


$$F_{\text{тр}} = \cos(\alpha) \mu N + \sin(\alpha) N = \frac{9,6H}{20} \cdot \sqrt{319} + \frac{9}{20} \cdot 4H \cdot \frac{\sqrt{319}}{20} = \sqrt{319} \cdot (0,03H + 0,09H) = 9,12H \cdot \sqrt{319}$$

$$\text{Также } F_{\text{тр}} \leq \mu N_1 = \mu (1,5mg + \cos(\alpha) N) = \mu (6H + \frac{319}{400} \cdot 4H) = \mu (9,19H), N_1 = 9,19H$$

$$\text{Умно } \mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N_1} = \frac{9,12H \cdot \sqrt{319}}{9,19H} \approx 0,23$$

$$\text{Таким образом } \mu \geq 0,23.$$

$$\text{Ответ: } \sin(\alpha) = \frac{9}{20} = 0,45, N = 3,6H, \mu \geq 0,23$$



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!

N 4

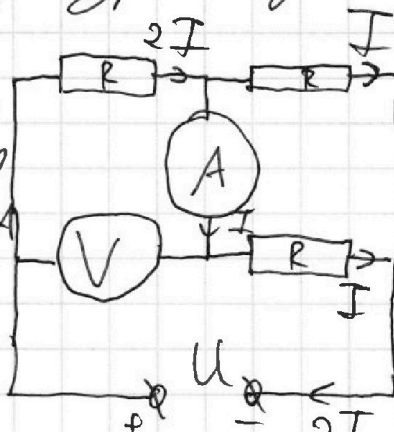
Будем считать Амперметр за перемычку
а вольтметр за разрыв цепи. Тогда

расставим токи:

$$2IR + IR = U = 3IR,$$

$$I = \frac{U}{3R} = \frac{120 \text{ В}}{3 \cdot 200 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}$$

$$I_A = I = 0,2 \text{ А.}$$



Через источник течет $2I = 0,4 \text{ А}$, значит
всю в цепи мощность $P = U \cdot 2I = 120 \text{ В} \cdot 0,4 \text{ А} =$
 $= 48 \text{ Вт.}$

Ответ: $I_{\text{ист}} = 0,4 \text{ А}$, $I_A = 0,2 \text{ А}$, $P = 48 \text{ Вт.}$



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.

☐☐☐☐☒☐☐

СТРАНИЦА
11 из 11

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!

№ 5

m — масса воды и льда вначале

Если воды и льда сначала было поровну,
а потом воды стало в 11 раз больше чем льда.

Тогда всего льда отмерзло $\frac{11}{14+9} - \frac{1}{2} = \frac{1}{20}$ от
всей массы калориметра, т.е. $\delta = \frac{1}{20} \cdot 2 = \frac{1}{10}$.

В итоге в кювету весь лед нагрелся от t_2 до 0,
а $\frac{1}{20}$ его массы вообще растаяла. Тогда

$$\delta m \lambda - c_1 m t_2 = c_2 m t_1, \quad t_1 = \frac{\delta \lambda - c_1 t_2}{c_2} =$$
$$= 8^\circ \text{C} - (-10^\circ \text{C}) = 18^\circ$$

$$\text{Ответ: } \delta = \frac{1}{10} = 0,1, \quad t_1 = 18^\circ \text{C}$$



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!

№ 3

~~Нак. сначала скорость ~~каждой~~ шаров
увеличивалась, а за~~

сначала скорость шаров увеличивалась.



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
☐

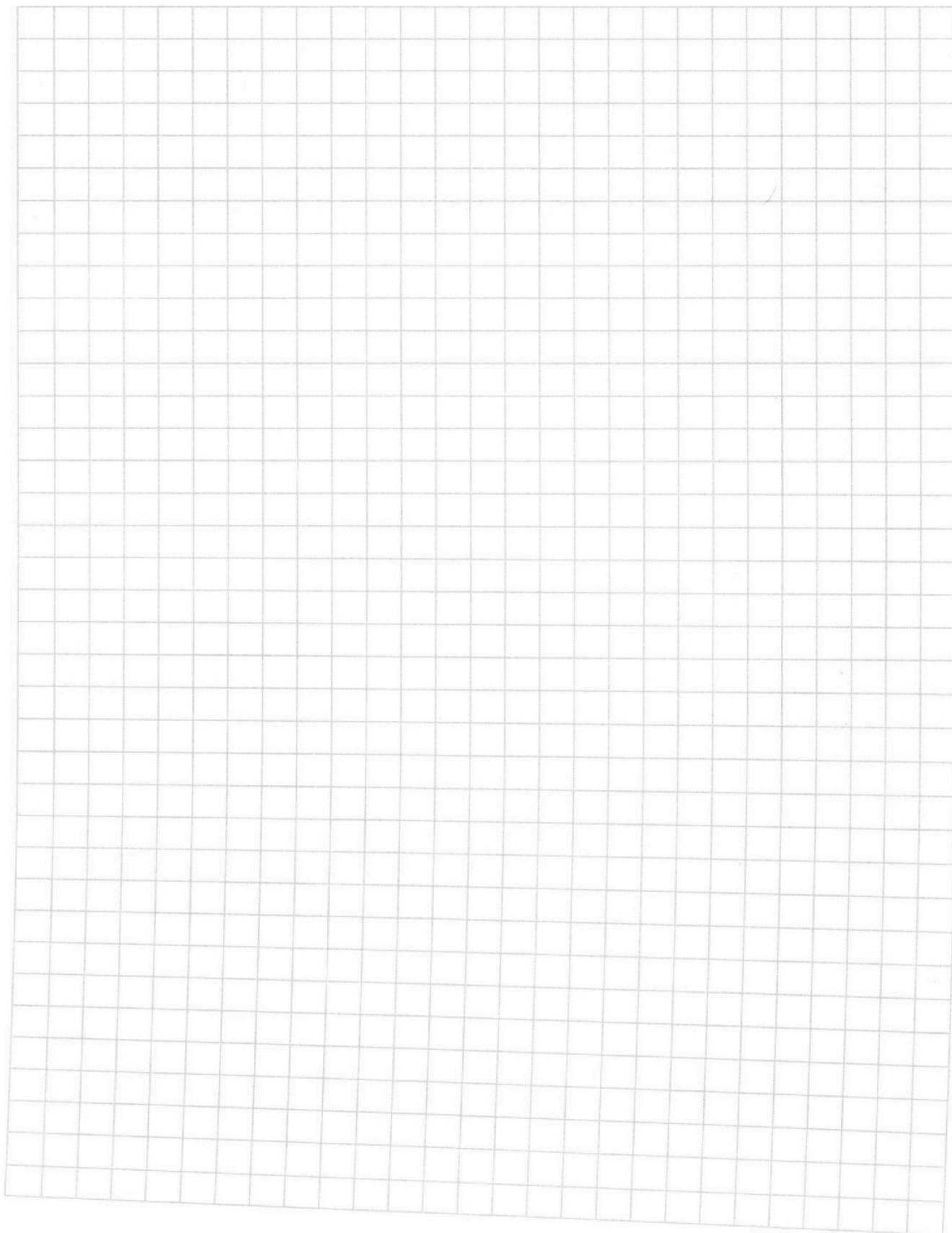
5
☐

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
☐

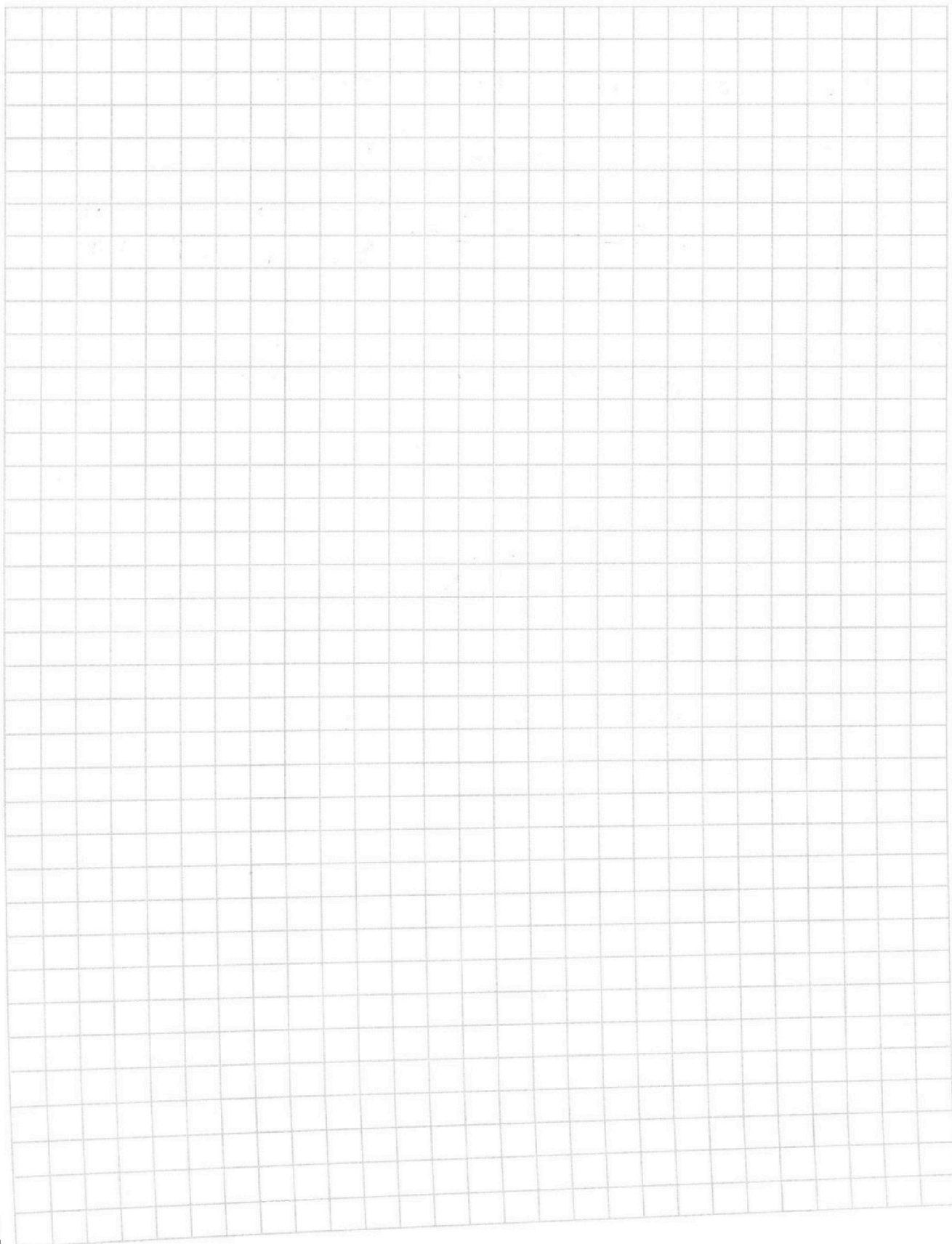
5
☐

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!

