



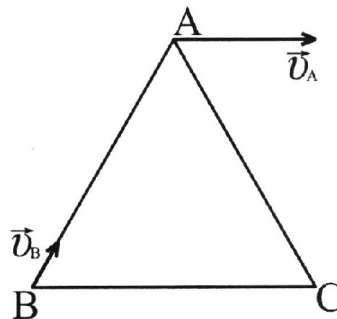
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

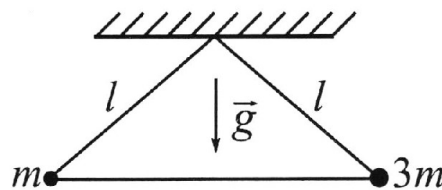
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



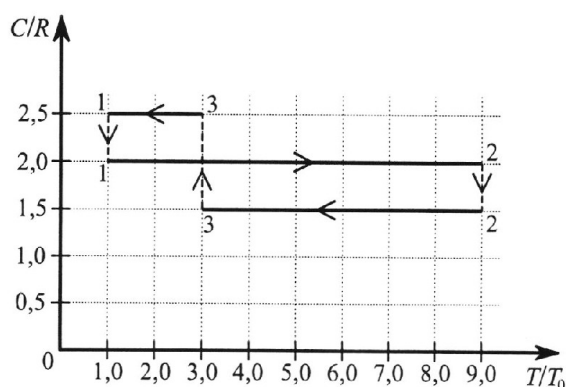
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270 \text{ K}$.

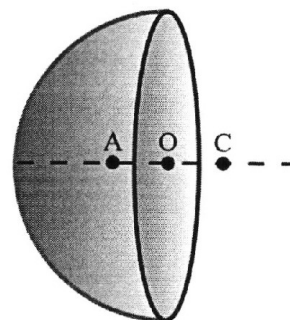


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250 \text{ кг}$ за $N = 15$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



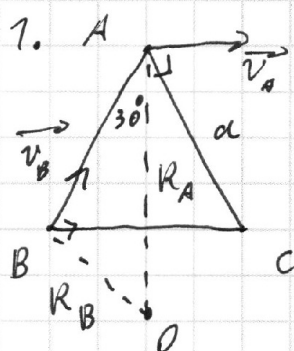
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

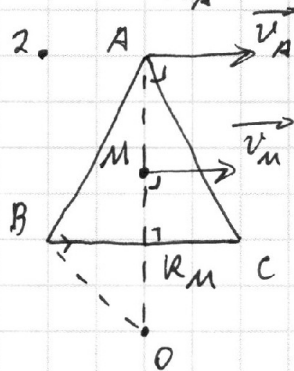
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Обозначим мгновенный центр скоростей точкой O. По условию A и B будут вращаться отн-но него с угл-ой скоростью ω .

$$\begin{cases} \cos 30^\circ = \frac{a}{R_A} \\ \sin 30^\circ = \frac{R_B}{R_A} \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} R_A &= \frac{2}{\sqrt{3}} a \\ R_B &= \frac{1}{\sqrt{3}} a \end{aligned}$$

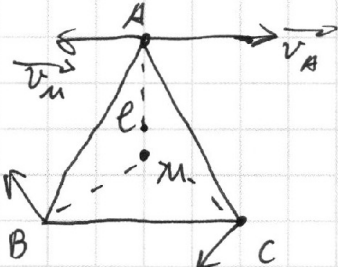
$$\omega = \frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B} \Rightarrow v_B = \frac{R_B}{R_A} \cdot v_A = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} a}{\frac{2}{\sqrt{3}} a} \cdot 0,8 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Обозначим центр масс пластины буквой M. Он будет лежать на расст-и $l = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a = \frac{1}{\sqrt{3}} a$ от точки A, на медиане $\triangle ABC$.

$$R_M = R_A - l = \frac{2}{\sqrt{3}} a - \frac{1}{\sqrt{3}} a = \frac{1}{\sqrt{3}} a$$

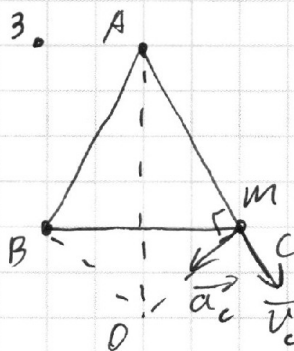
$$v_M = R_M \cdot \omega = \frac{R_M}{R_A} \cdot v_A = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



В системе отн-но центра масс точки A, B и C будут вращаться вокруг него с угл-ой скоростью ω .

$$\omega = \frac{v_A - v_M}{l} = \frac{0,8 - 0,4}{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,4} = \sqrt{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$T = \frac{4 \cdot 360^\circ}{\omega} = \frac{1440}{\sqrt{3}} \text{ с}$$



На плечу будет действовать нормальное ускорение a_c , направ-е к точке O.

$$a_c = \frac{v_c^2}{R_c} = \frac{0,4^2}{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,4} = 0,4 \sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F = R = a_c \cdot m = 0,4 \sqrt{3} \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 24 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$



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!

1. Фейерверк взорвётся, когда вся его кин. энергия перейдёт в потенциальную.

$$\frac{m v^2}{2} + m g h = m g H \Rightarrow H = \frac{v^2}{2g} + h$$

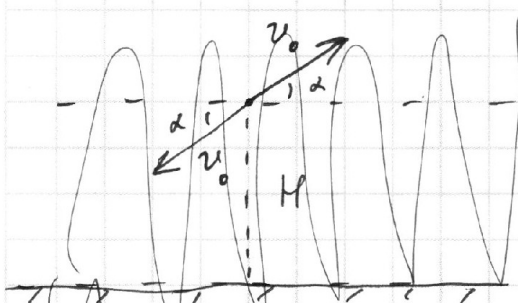
$$H = \frac{4^2}{2 \cdot 70} + 77,2 = 77,2 \text{ м}$$

2. На макс. высоте H фейерверк не имеет скорости, значит сумма импульсов первого и второго осколков равна нулю.

$$m \vec{v}_0 + m \vec{v}_1 = 0 \Rightarrow \vec{v}_0 = -\vec{v}_1 \Rightarrow |\vec{v}_0| = |\vec{v}_1|$$

$\Rightarrow$ скорости осколков равны.

пусть L_1 и L_2 - расст. ком. пройдут левый и правый оск-ки во взрыв-мо. правый осколок будет иметь угол α с гориз. + замкнути



левый оск-:

$$H = \tau_1 v_0 \sin \alpha + \frac{g \tau_1^2}{2}$$

$$L_1 = \tau_1 v_0 \cos \alpha$$

правый оск-:

$$\tau_{21} = 2 \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\tau_{22} \Delta H = \tau_{22} v_0 \sin \alpha + \frac{g \tau_{22}^2}{2}$$

$$L_2 = (\tau_{21} + \tau_{22}) v_0 \cos \alpha$$

расстояние будет максимальным когда векторы скоростей оск-ков будут направл-ны гориз. + замкнути.

$$L_{\max} = 2 \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \cdot 76 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 77,2}{70}} = 32 \sqrt{2,4} \text{ м}$$

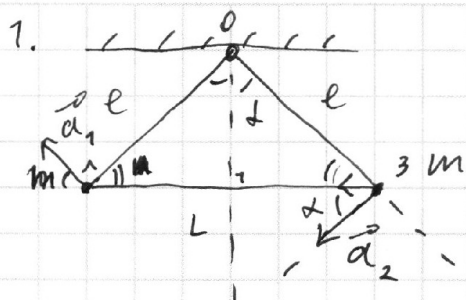


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!



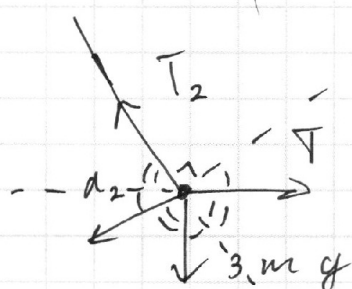
после освобождения шарик будут двигаться по окружности радиуса l с центром в точке O .

п.к. начальная скорость второго шарика будет 0, его нормальное ускорение тоже равно 0 $\Rightarrow$ мы имеем только тангенциальную часть ускор.

п.к. проекции тангенциальных ускорений шаров на нить равны, то и их ускор. равны: $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$

$$\sin \alpha = \frac{\frac{l}{2}}{l} = \frac{0,6}{1} = 0,6; \cos \alpha = 0,8.$$

п.к. проекции тангенциальных ускорений шаров на нить равны, то и их ускор. равны: $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$



спроецируем все силы на ось ускорения:

$$\begin{cases} 3m a_2 = 3m g \sin \alpha - T \cos \alpha \\ T_2 = 3m g \cos \alpha + T \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} m a_1 = T \cos \alpha - m g \sin \alpha \\ T_2 = T \sin \alpha + m g \cos \alpha \end{cases}$$

$$a_1 = a_2 \Rightarrow 3(T \cos \alpha - m g \sin \alpha) = 3m g \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\Rightarrow T = \frac{3}{2} \frac{m g \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T = \frac{3}{2} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,6 / 0,8 = 0,9 \text{ Н}$$

$$a_2 = \frac{T \cos \alpha - m g \sin \alpha}{m} = \frac{0,9 \cdot 0,8 - 80 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,6}{80 \cdot 10^{-3}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



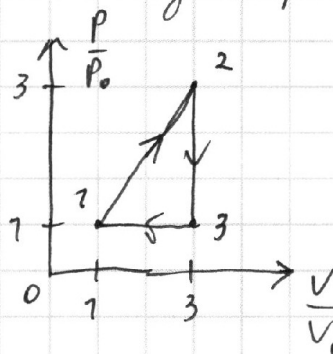
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1. $C_v = 1,5 R$; $C_p = 2,5 R$ - молярные теплоемкости газа в изохорном и изобарном процессах соотв. ко. $\Rightarrow$ 37 - изобарный, а 23 - изохорный процессы.



По пункту 1 есть - я ставимся на (1; 1). ~~м.к.а.~~

~~37 - изоб. и T ↑ в 3 раза~~

37 - изоб. и T ↓ в 3 раза $\Rightarrow$

$\Rightarrow V \downarrow$ в 3 раза.

23 - изох. и T ↓ в 3 раза $\Rightarrow$

$\Rightarrow P \downarrow$ в 3 раза.

2. Пользуясь графиком:

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot (3-1) \cdot (3-1) \cdot P_0 \cdot V_0 = 2 P_0 V_0 = 2 \text{ Дж } T_0$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,37 \cdot 270 = 13462,2 \text{ Дж}$$

3. $Q = M g H$ - ~~к.м. - в теплоты~~ ~~м.к.а.~~ - работа, кот. нужно совершить, чтобы поднять груз на высоту H .

$A = A_1 \cdot N \cdot \frac{1}{2}$ - работа, кот. совершит тепловая машина за N циклов.

$$Q = A \Rightarrow M g H = \frac{1}{2} A_1 N \Rightarrow H = \frac{A_1 N}{2 M g}$$

$$H = \frac{13462,2 \cdot 75}{2 \cdot 250 \cdot 70} \approx 40,38 \text{ м}$$



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
__ 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!

$0,72 - 0,48 = 0,24$
 $\frac{0,24}{8} = 0,03$
 $0,03 \cdot 3 = 0,09$

$24 - 1600 = -1576$
 $\frac{-1576}{8} = -197$

$6 - 8,37 = -2,37$
 $48 + 1,86 = 49,86$
 $49,86 \cdot 27 = 1346,22$
 $49,86 \cdot 27 = 1346,22$
 $(500 - 2) \cdot 27 = 13500$
 $500 \cdot 27 - 2 \cdot 27 = 13446$
 $13446 + 16,2 = 13462,2$
 $7346 \cdot 3 = 22038$
 $22038 + 9000 + 138 = 31176$

$7346 \cdot 3 = 22038$
 $22038 + 9000 + 138 = 31176$

$3ma = 3mg \sin \alpha$
 $T_1 = 3mg \cos \alpha + T \sin \alpha$
 $4T \cos 2 = 6mg \sin 2$
 $T = \frac{3}{2} \frac{mg \sin 2}{\cos 2}$

$T_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha$
 $T_2 = T \sin \alpha + mg \cos \alpha$



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!

Handwritten solution for a physics problem involving a projectile on an inclined plane.

Diagram 1: A right-angled triangle with hypotenuse a and angle 30° . A horizontal vector v_a is shown at the top vertex. A dashed line from the top vertex to the base indicates a height of $\frac{\sqrt{3}}{2}a$.

Diagram 2: A right-angled triangle with hypotenuse a and angle 30° . The base is labeled $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ and the height is $\frac{a}{2}$.

Diagram 3: A coordinate system with a horizontal axis x and a vertical axis y . A point is marked at $(3, 1)$. A vector v is shown starting from the origin and pointing towards the point $(3, 1)$.

Diagram 4: A coordinate system with a horizontal axis x and a vertical axis y . A point is marked at $(6, 2)$. A vector v is shown starting from the origin and pointing towards the point $(6, 2)$.

Diagram 5: A coordinate system with a horizontal axis x and a vertical axis y . A point is marked at $(6, 2)$. A vector v is shown starting from the origin and pointing towards the point $(6, 2)$.

Equations:

$$\sin 30^\circ = \cos 30^\circ = \frac{a}{R_a} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad R_a = \frac{2}{\sqrt{3}} a$$
$$\sin 30^\circ = \frac{R_B}{R_a} = \frac{1}{2} \quad R_B = \frac{1}{2} R_a$$
$$\cos 30^\circ = \frac{R}{a}$$
$$R_2 = R_a - \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{2}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$
$$Q = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot R_a \cdot \frac{1}{2} + \frac{3}{2} \cdot R_a \cdot \frac{1}{2}$$
$$C = -4 R_a \cdot \frac{1}{2} = -\frac{21}{2} R$$
$$H = \frac{1}{2} v_0 \sin \alpha + \frac{g t^2}{2}$$
$$S_1 = \tau v_0 \cos \alpha$$
$$H = \frac{S_1 \cdot v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha} + \frac{g S_1^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$
$$\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot S_1^2 + S_1 \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - H = 0$$
$$\frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + 4 \cdot \frac{2g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$



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
☐

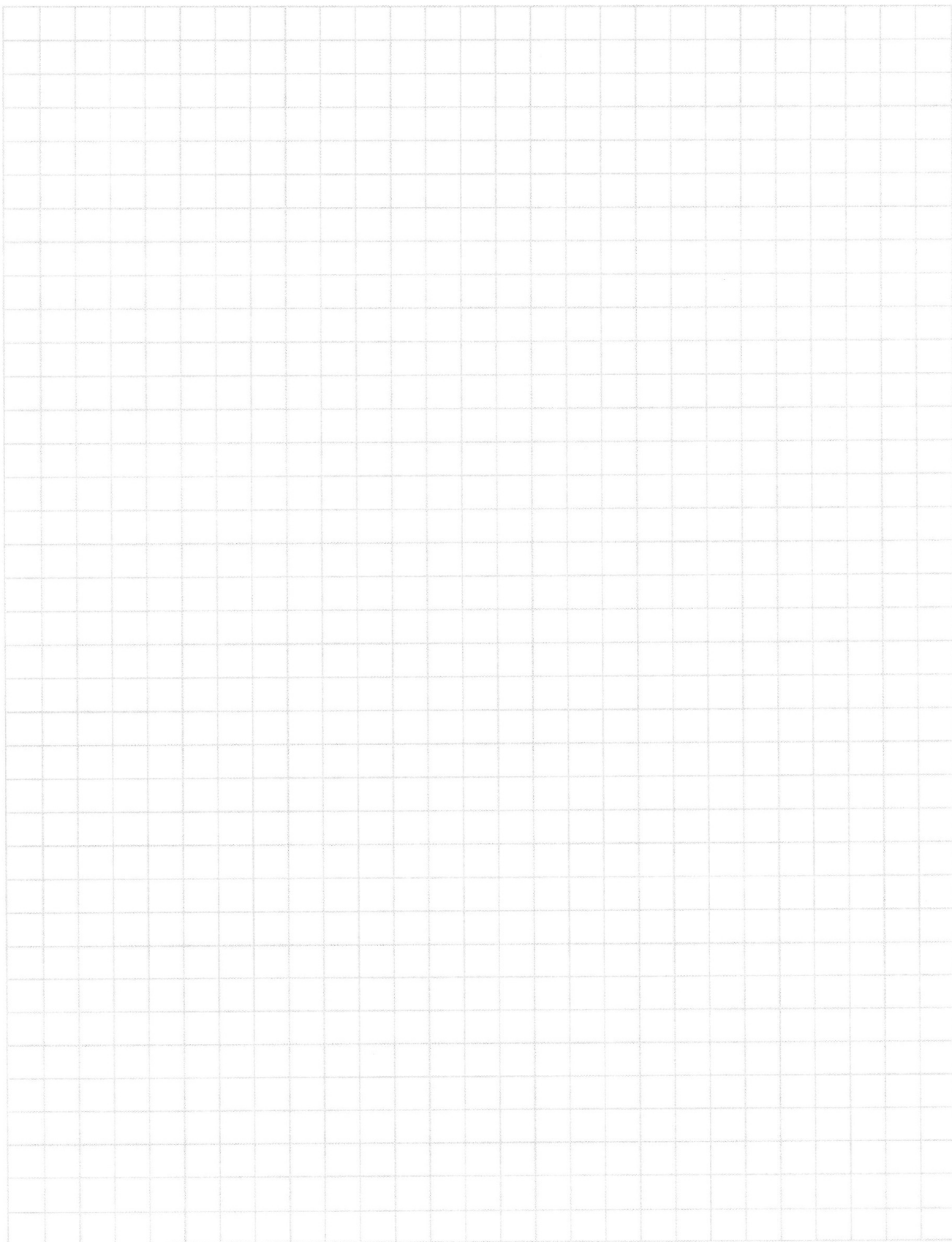
5
☐

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
☐

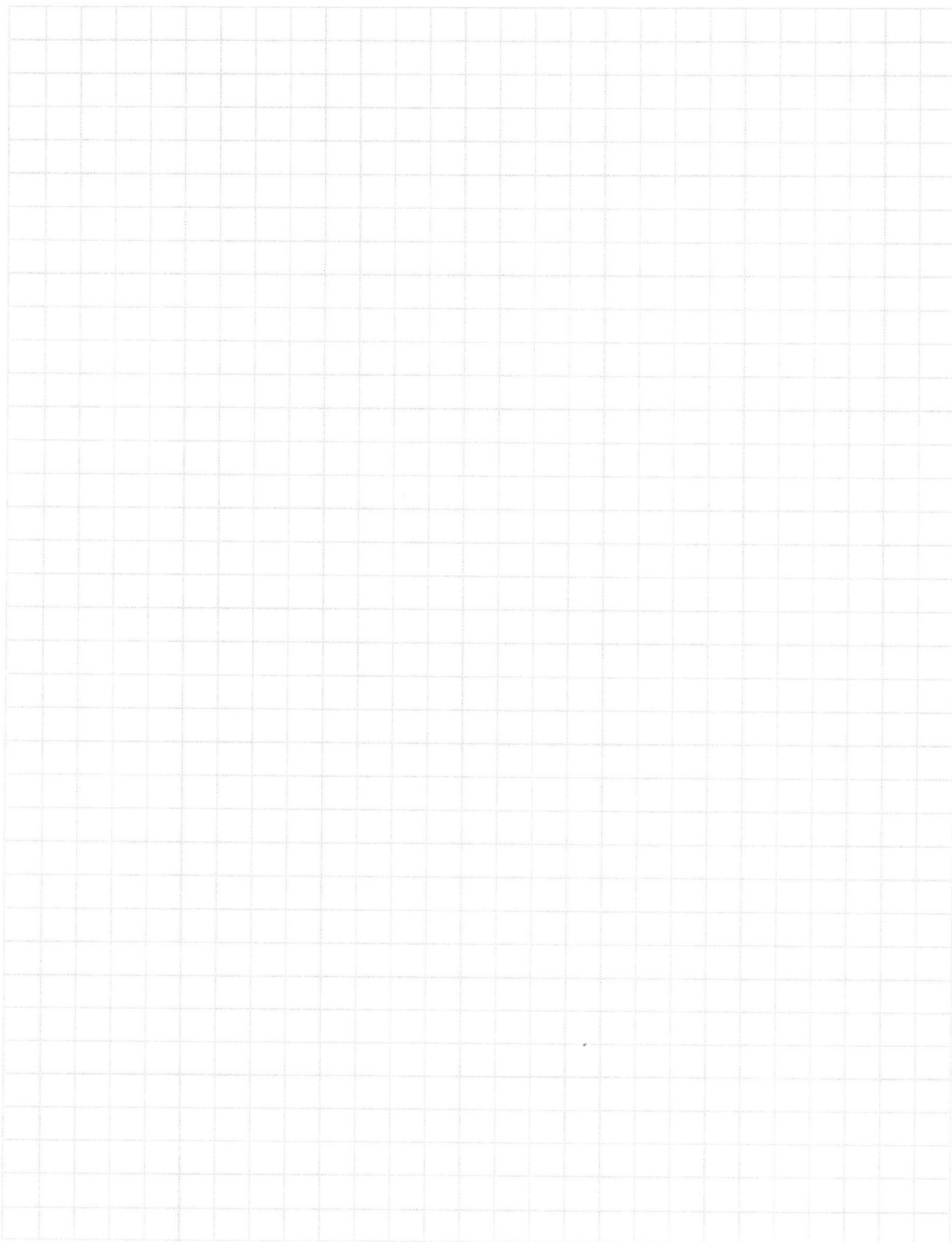
5
☐

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
☐

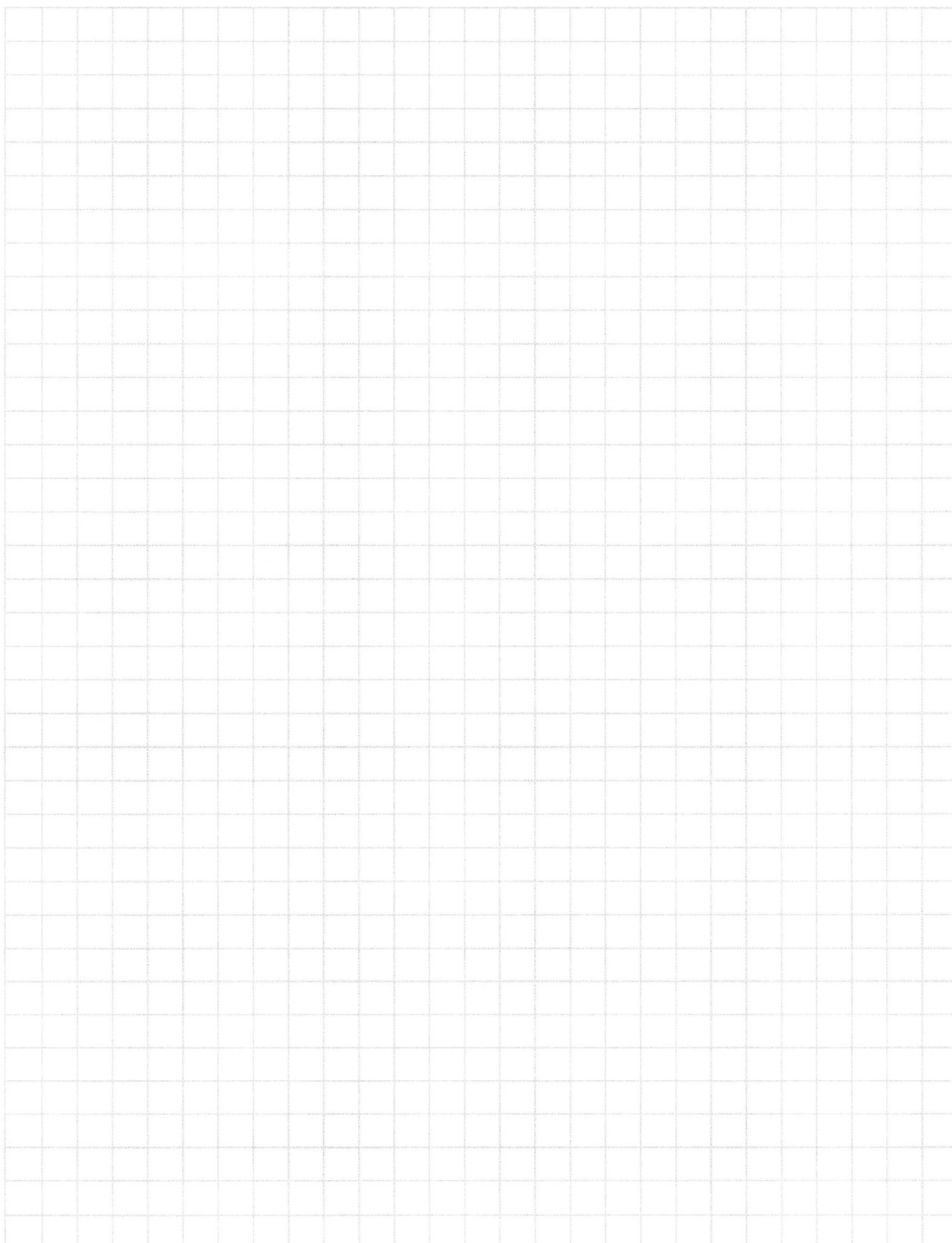
5
☐

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!

