



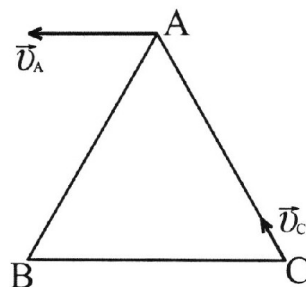
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

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 $v_A = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

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

Пчела массой $m = 100$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

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

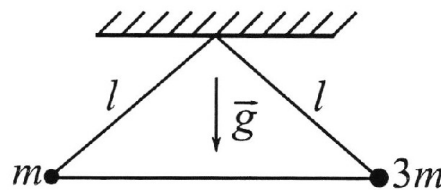
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ 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 $m = 0,1$ кг и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m 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.



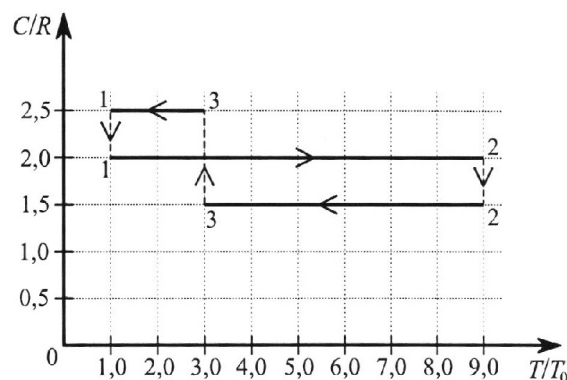
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 2$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.



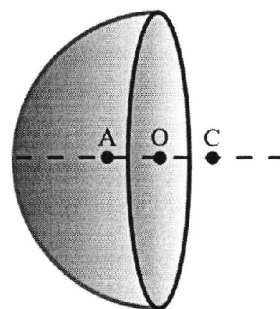
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150$ кг за $N = 10$ циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закрепленной 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 . В точке О частица движется со скоростью V_0 .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

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



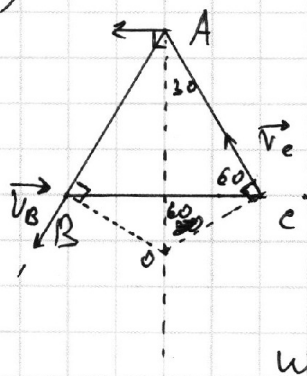
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

1)



Найдем мгновенный центр осей вращения
скоростей как пересечение

$\perp$ к скоростям $\vec{v}_A$ и $\vec{v}_C$

Т.О - мгновенная ось вращения.

$$\omega = \frac{v_A}{OA} = \frac{v_C}{OC} \quad (\omega - \text{угловая скорость треугольника})$$

$$OC = OA \cos(60) \quad AC = OA \sin(60) = a$$

$$v_C = v_A \cdot \frac{OC}{OA} = v_A \cos(60) = 0.2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Т.к. угловая скорость не изменяется при переходе между В.С.О. $\Rightarrow$ в В.С.О. у.м.

угловая скорость вращения равна ω

$$T = 3 \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{6\pi}{v_A} \cdot OA = \frac{6\pi a}{v_A \sin(60)} = 2\sqrt{3}\pi \text{ с}$$

Т.к. масса плечи $\ll$ треугольника. После приземления плечи движение треугольника не изменится. a_M - ускорение плечи в В.С.О.

$$R = m a_M = m a_B$$

a_B - ускорение точки В в В.С.О.

$$a_B = \omega^2 OB = \frac{v_A^2}{OA^2} \cdot OB = \frac{v_A^2 \cos(60) \cdot \sin(60)}{a}$$

$$R = \frac{m v_A^2 \cos(60) \sin(60)}{a} = 10^{-4} \cdot 0.8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$R = 20\sqrt{3} \text{ мкН}$$



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!

1) Ответ: $v_c = v_A \cos(60^\circ) = 0.2 \frac{м}{с}$ $\tau = \frac{6\pi a}{v_A \sin(60^\circ)} = 2\sqrt{3}\pi с$

$$R = \frac{m v_A^2}{a} \cos(60^\circ) \sin(60^\circ) = 20\sqrt{3} \text{ мкН}$$



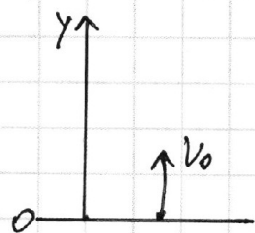
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

2) Т.к. время сложения точно известно, можно считать, что фреймверк мгновенно приобрел начальную скорость v_0



$$t_0 = \frac{v_0}{g}$$

$$v_0 - g t_0 = 0$$

$$t_0 = \frac{v_0}{g}$$

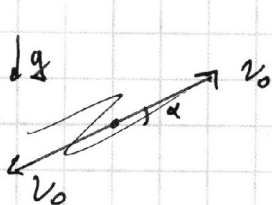
$$y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad v_0 = \frac{h}{t} + \frac{g t}{2} = 14 \frac{m}{c}$$

$$H = v_0 t_0 - \frac{g t_0^2}{2} \quad t_0 - \left(\begin{array}{l} \text{время за} \\ \text{которое фреймверк} \\ \text{берет на max} \\ \text{высоту} \end{array} \right)$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{t} + \frac{g t}{2} \right)^2 = \frac{136}{20} m = \frac{469}{5} m$$

из 3. с. и. скорости осколков равны v_0 и направлены в по одной прямой в разные стороны



$$H = -v_0 \sin \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_2 = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_1 + t_2 = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$



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!

2) Представим мы бросим камень со скоростью U_0 так, что на высоте H он имел скорость V_0 . Дальность полета камня будет равна $\sum$ расстоянию между скачками T - кр движение двух скачков почти представлять $\approx$ 2 участка параболы или совмещении которых мы начнем траекторию камня.

из Б.З.С.Э. $\frac{m U_0^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} + mgH$

$U_0 = \sqrt{V_0^2 + 2gH}$ дальность максимальной высоты бросает камень под 45° к гориз.

$H_x = \frac{U_0^2}{2g} \cdot \sin^2(45^\circ) = \frac{1}{2} \left(\frac{V_0^2}{2g} + H \right) \left(\begin{array}{l} H_x - \text{максимальная} \\ \text{высота под углом} \\ \text{камень при броске под} \end{array} \right)$

$\frac{1}{2} \left(\frac{400}{20} + H \right) \leq H$ (Проверка достигнет ли камень 45° высоты H)

$10 \leq \frac{H}{2} \Rightarrow$ при броске камня под углом 45° действительно достигается высота H

~~max 20~~ $20 \leq H = 9.8 \text{ м}$

$L_{\max} = \frac{U_0^2 \sin(2 \cdot 45^\circ)}{g} = \frac{V_0^2}{g} + 2H$

Ответ: $H = \frac{1}{2g} \left(\frac{1}{2} + \frac{gT}{2} \right)^2 = 9.8 \text{ м}$ $L_{\max} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 59.6 \text{ м}$

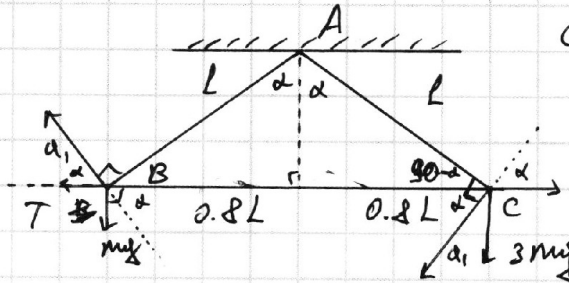


1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

3)



Т.к в начальный момент скорости ускорений равно нулю их центрострем. ускорение тоже равно 0

Т.к груз массой m в начальный момент движется по окружности с O скоростью всё его ускорение тангенциально и направлено $\perp AB$

аналогично для груза массой $3m$

$$\sin \alpha = \frac{0.8L}{L} = 0.8 \quad \cos \alpha = 0.6 \quad \tan \alpha = \frac{4}{3}$$

Движение стержня в начальный момент времени можно рассмотреть как поворот вокруг точки $A \Rightarrow$ угловые ускорения точек B и C равны, но Т.к

~~равны их радиусы $\Rightarrow$ равны их тангенс. ускорения~~

$$ma_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha \quad 3ma_2 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$4ma_1 = 2mg \sin \alpha \quad a_1 = \frac{1}{2} g \sin \alpha = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$T \cos \alpha = 1.5 mg \sin \alpha \quad T = \frac{3mg \tan \alpha}{2} = 2H$$

Т.к стержень недеформируемый

$$\begin{pmatrix} a_C = \varepsilon AC = \varepsilon L \\ a_B = \varepsilon AB = \varepsilon L \end{pmatrix} \Rightarrow a_C = a_B = a_1 \quad \left(\varepsilon - \text{угловое ускорение стержня} \right)$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0.8 \quad a_1 = \frac{g \sin \alpha}{2} = 4 \frac{m}{c^2} \quad T = \frac{3mg \tan \alpha}{2} = 2H$$



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!

4) Т.к из уравнений $c_v = \frac{3}{2} R$ $c_p = \frac{5}{2} R$ $\Rightarrow$
(изохор. темп.) (изобар. темп.)

$\Rightarrow 2 \rightarrow 3$ изохорический процесс $\Rightarrow (V_2 = V_3)$
 $3 \rightarrow 1$ изобарический процесс $\Rightarrow (P_3 = P_1 = P_0)$

(1) $P_0 V_0 = \nu R T_0$

(2) $P_2 V_2 = \nu R T_2$

(3) $P_3 V_3 = \nu R T_3$

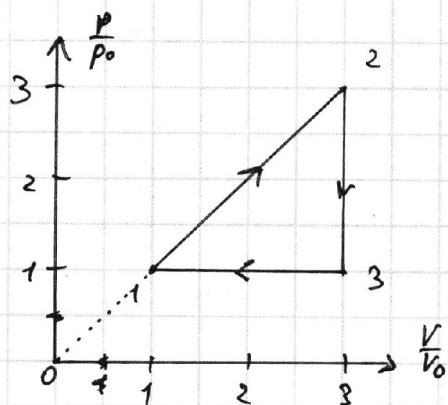
$P_3 = P_0$

$V_3 = V_2$

$\frac{P_0 V_2}{P_0 V_0} = \frac{3 \nu R T_0}{\nu R T_0}$

$V_2 = 3 V_0$

$P_2 = 3 P_0$



(процесс где $P = \alpha V$) $\nu R \Delta T$
 $Q = A + \Delta U = \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2} + \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)$

$Q = \frac{1}{2}(P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$\alpha = \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$ $P_1 V_2 = P_2 V_1$

$Q = \frac{1}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$Q = \frac{1}{2} \nu R \Delta T + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $C = \frac{Q}{\nu \Delta T} = 2 R \Rightarrow$

процесс $1 \rightarrow 2$, процесс прямой пропорционально
габаритам от объема (т.к. $c_{12} = 2R$)

$Q_1 = C_{12} \nu \Delta T_{12} = 2 \nu R (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2 \nu R \cdot 8 T_0 = 16 \nu R T_0$

$A = \frac{(P_2 - P_3) \cdot (V_3 - V_1)}{2} = 2 P_0 V_0 = 2 \nu R T_0$ $32 \cdot 2493$

$\frac{1}{2} A = \frac{\nu A}{2} = M g H$ $H = \frac{\nu A}{2 M g} = \frac{\nu \nu R T_0}{M g} = \frac{2493}{150} \text{ м}$

Ответ: $Q_1 = 16 \nu R T_0 \approx 80 \text{ кДж}$ $H = \frac{\nu \nu R T_0}{M g} = \frac{2493}{150} \text{ м}$



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!

5) Т.к. точка O равноудалена от всех точек сферы её потенциал можно найти как.

$$\varphi_0 = \int_Q \frac{k dQ}{R} = \frac{kQ}{R}$$

~~$E_0 =$ Т.к нет гравитационной энергии~~

$$E_{\text{пол}} \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} + q\varphi_0 = \frac{mV_\infty^2}{2} + q\varphi_\infty$$

$\varphi_\infty \approx 0$ (потенциал на ∞ от сферы) расстояние

$$V_\infty = \sqrt{V_0^2 + \frac{2q}{m} \cdot \frac{kQ}{R}} \quad \left(\text{ск-ть скорости на } \infty \text{ от сферы} \right)$$

Представим половину сферы с зарядом Q как суперпозицию целой сферы с зарядом $2Q$ и полусферы с зарядом $-Q$

$\varphi(x)$ — функция потенциала на оси симметрии полусферы от x , где x — расстояние до точки O

$\varphi(x) \sim Q$ (заряду полусферы.)

для полусферы с зарядом $-Q$ $\varphi'_x \sim -Q$ $\varphi'_x = -\varphi^*(x)$

$$\varphi_A = \varphi(-x_0) = \varphi^*(x_0) + \varphi_{\text{сф}} \quad \varphi_{\text{сф}} = \text{потенциал всей сферы.}$$

$$\varphi_{\text{сф}} = \frac{2Qk}{R} \quad \varphi_C = \varphi(x_0)$$

$$\varphi_C = \varphi(x_0) = \varphi^*(-x_0) + \varphi_{\text{сф}}$$

$$\varphi_A = -\varphi(x_0) + \varphi_{\text{сф}}$$

$$\varphi_A + \varphi_C = \varphi_{\text{сф}} = 2\varphi_0$$

$$\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_C$$



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
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!

5)

$$q \varphi_A = \frac{m v_0^2}{2} + q \varphi_0$$

$$\varphi_A - \varphi_0 = \frac{m v_0^2}{2q}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + q \varphi_0 = \frac{m v_c^2}{2} + q \varphi_c$$

$$v_c^2 = v_0^2 + \frac{2q}{m} (\varphi_0 - \varphi_c) = v_0^2 + \frac{2q}{m} (\varphi_A - \varphi_0) = 2 v_0^2$$

$$v_c = \sqrt{2} v_0$$

Ответ: $v_\infty = \sqrt{v_0^2 + \frac{2kQq}{mR}}$ $v_c = \sqrt{2} v_0$

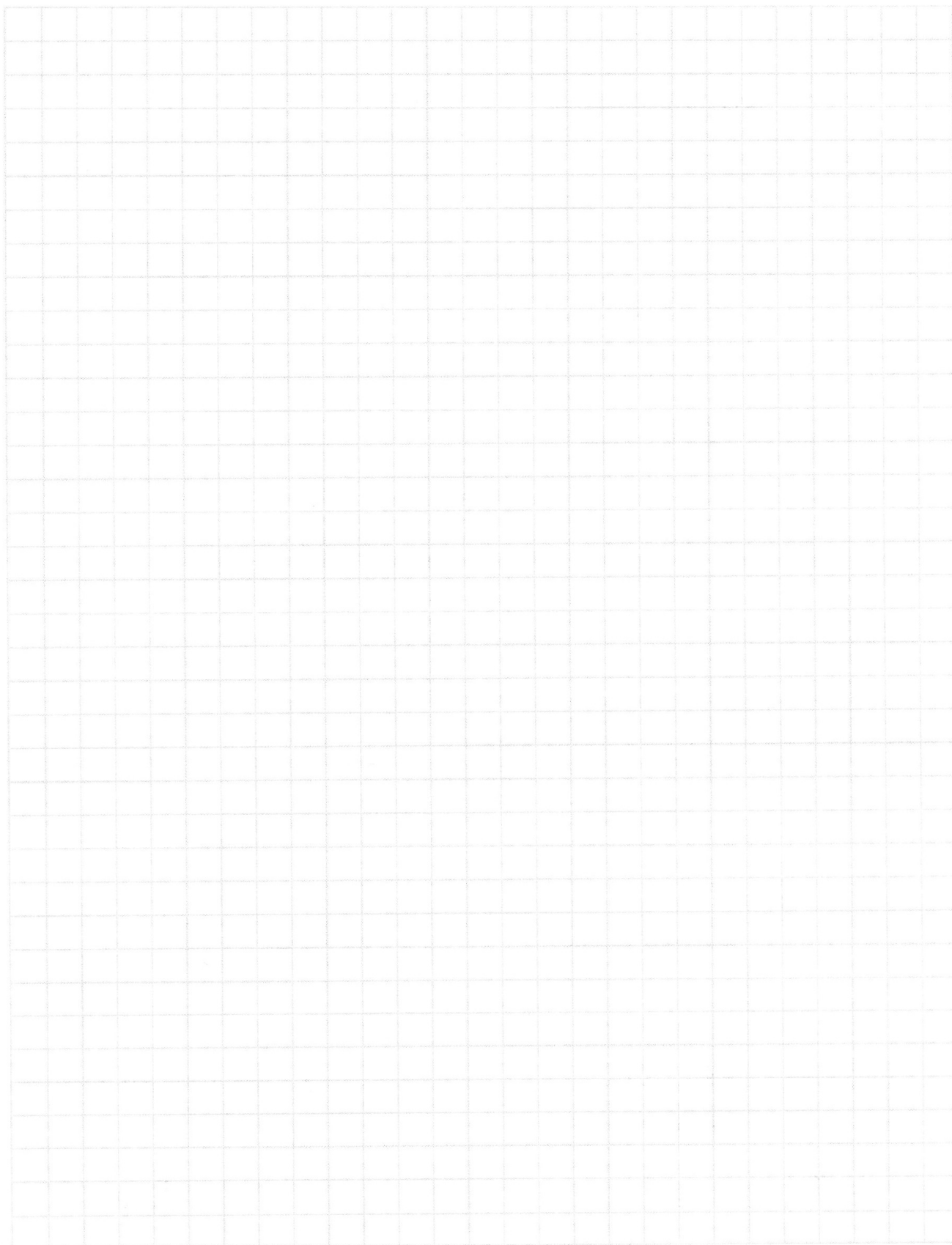


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

