



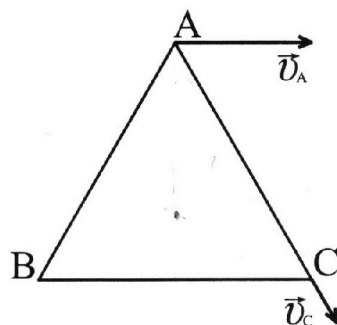
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

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 $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60$ 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.

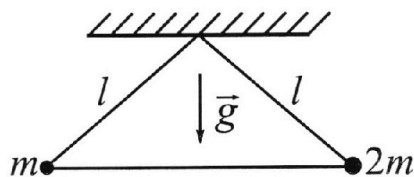
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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 $V_0 = 30$ 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 $m = 200$ г и $2m$ 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 $\vec{a}_1$ 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.

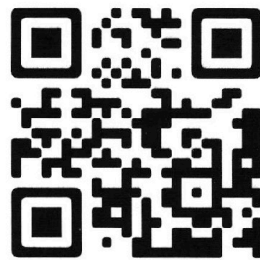
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



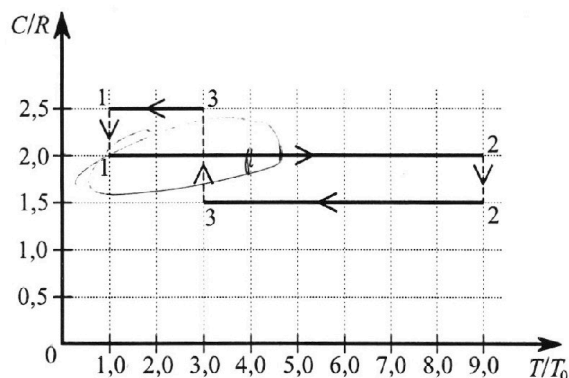
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

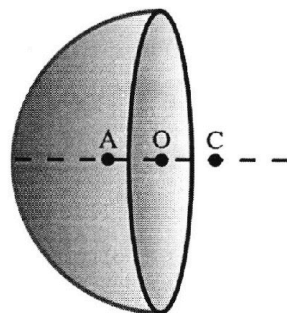


4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.



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 $M = 415$ кг за $N = 25$ 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 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 . В точке О кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . 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.

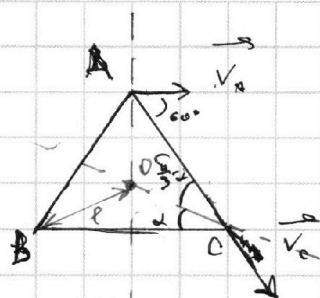


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!



- т.к. мы считаем пластину нерастяжимой, ~~следует~~ проекции скоростей на совп. точки линию равны т.е.

$$V_C = V_A \cdot \cos(60^\circ) = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ м/с}$$

- За 8 оборотов отрезок AC повернется те же 8 раз рассмотрим движение λ вокруг C:

$$V_{\text{пл}} = V_A \cdot \sin 60^\circ = 0.6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 1.73 \cdot 0.3 = \frac{5.19}{10} = 0.519 \text{ м/с}$$

$$R(\text{радиус}) = a = 0.3 \text{ м} \Rightarrow \text{периметр } P = 2\pi R = 2\pi a = 6.28 \cdot 0.3$$

$$n = \frac{8P}{V_{\text{пл}}} = \frac{8 \cdot 6.28 \cdot 0.3}{1.43 \cdot 0.3} = \frac{50.24}{1.43} \approx 29$$

$$\begin{array}{r} 5024 \overline{) 143} \\ 346 \\ \underline{1564} \\ 1554 \\ \underline{1554} \\ 000 \end{array}$$

угловая ск - φ

$$\varphi = \frac{806}{290} = \frac{16}{29} \text{ рад/с} = \frac{16}{29} \text{ рад/с}$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \varphi^2 \cdot R$$

$$a = \varphi^2 \cdot R = \left(\frac{16}{29} \right)^2 \cdot 0.3 = 0.3 \cdot \frac{256}{841} = \frac{76.8}{841} = 0.0913 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{3.14}{4} = 0.785 \text{ рад/с}^2$$

$$R = a \cdot m = 0.0913 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 5.48 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$$



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

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!

$$X_1 + X_2 = \max \Rightarrow \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha} = \max$$

$\Downarrow$

$$(V_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha)' = 0$$

$$(-V_0^2 \cdot 4 \sin \alpha \cdot \cos \alpha - 2gH \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) = 0$$

$\Downarrow$

$$\sin \alpha \cdot \cos \alpha = 0$$

$\Downarrow$

$$\sin \alpha = 0$$

$\Downarrow$

$$L_{\max} = 2 \cdot \left(V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} \right) = 2 \cdot 30 \cdot 2 = \boxed{120 \text{ м}}$$



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.



СТРАНИЦА

1 ИЗ 2

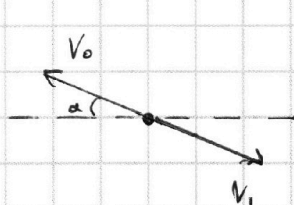
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$1) h = v_0 \cdot t - g t^2 / 2$$

$$v_0 = (h + g t^2 / 2) / t = (15 + 10 \cdot 1^2 / 2) / 1 = 20 \text{ м/с}$$

$$M_{\text{max}} = v_{\text{cp}} \cdot t = \frac{v_0}{2} \cdot \frac{v_0}{g} = \frac{400}{20} = \boxed{20 \text{ м}}$$

а) По ЗСЧ v_1 2-го осклако по модулю равна v_0 1-го, и противоположна по напр-ю.



- левый летит на x_1 ,
- правый на x_2

$$x_1 = v_{0x} \cdot t_{\text{пол}} = v_0 \cos \alpha \cdot t_{\text{пол}}$$

$$- (v_0 \sin \alpha) \cdot t_{\text{пол}} + \frac{g t_{\text{пол}}^2}{2} = H$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$x_2 = v_{0x} \cdot t_{\text{пол}}$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{пол}} + \frac{g t_{\text{пол}}^2}{2} = H$$

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

$$x_1 + x_2 = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{2 v_0}{g} \cdot \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha}$$



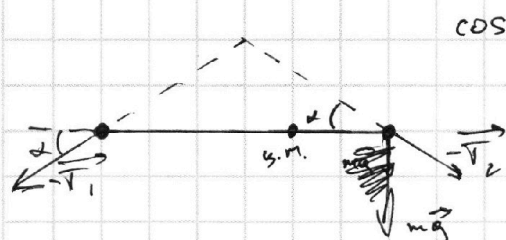
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

На систему резко перестают действовать и сил, дейст. систему
т.е. вот эквивалент всех сил: обе сил натяжения



$$\cos \alpha = 0.6$$

$T_1 = T_2$ т.к. система никуда не свисала

т.к. не сказано, что стержень нерастяжим, будем считать, ~~что~~ что он растяжим (а че нет :))

$$\text{тогда } \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0.36} = \boxed{0.8}$$

$$a = \frac{T_n}{m} = \frac{mg / \sin \alpha}{m} = \frac{10}{0.8} = \boxed{12.5 \text{ м/с}^2}$$

горизонт. сост. вернется именно от стержня

$$T_n = a \cdot m \cdot \cos \alpha = \frac{2.5}{12.5 \cdot 0.8} \cdot 0.6 = \boxed{1.5 \text{ Н}}$$



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) 1-2-3 2-3 и 3-1

изохорн. и изобарн. соотв.

$$C_v = \frac{1}{2} R$$

$$C_p = \frac{1+2}{2} R$$

при этом на 1-2-3 изохорн.

$$V_k = 3 V_0$$

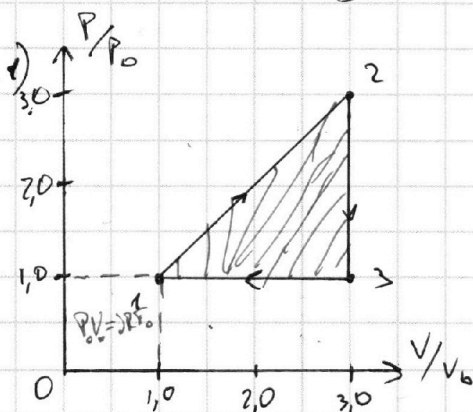
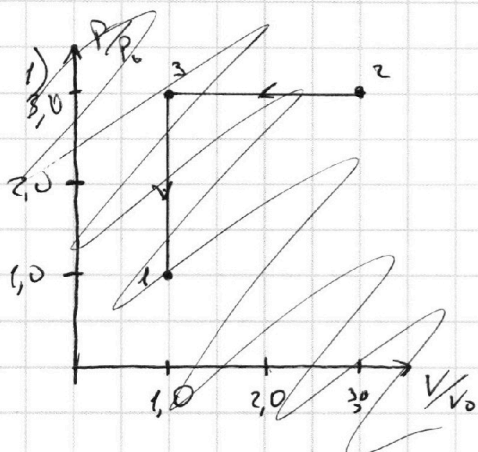
$$P_k = 3 P_0$$

находим точки на график

на 2-3 изобарн. $C = \text{const}$

$$P V^{\gamma} = \text{const}$$

и тогда 1-2-3 есть только 1



$$Q = \int_{1,2} P dV = P_0 V_0 + \frac{1}{2} \cdot 8 P_0 V_0 =$$

$$16 P_0 V_0 = 16 J R T_0 = 16 \cdot 8.31 \cdot 100 =$$

$$= 26528 \text{ Дж} \approx 2.66 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{пол}} = S_{\text{пол}} \cdot (\text{среднее значение}) =$$

$$= 2 P_0 V_0 = 2 J R T_0 = 2 \cdot 8.31 \cdot 100 =$$

$$= 3324 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{пол}} = A_{\text{пол}} \cdot N \cdot \eta_{\text{мех}} = 3324 \cdot 25 \cdot \frac{1}{2} = 41550 \text{ Дж} = m g H$$

$$H = \frac{A_{\text{пол}}}{m g} = \frac{41550}{415 \cdot 10} \approx 10 \text{ м}$$



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.



СТРАНИЦА

1 ИЗ

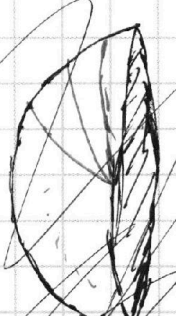
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) $W_n = \frac{kQq}{R} \cdot W_k = K$

$W_n = 0 \quad W_k = ?$

$$W_k = K + \frac{kQq}{R} = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(K + \frac{kQq}{R} \right)}$$
$$= \sqrt{\frac{2}{m} \left(K + \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} \right)}$$

2) Разобьем сферу на такие тонкие дольки



Разобьем полушар на тонкие кольца.


$$S \sim Q_x$$
$$S = 2\pi(R \sin \alpha) \cdot R \cdot d\alpha = 2\pi R^2 \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha$$
$$W_n = \frac{Q_x \cdot q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

- 2) В центре сферы действ. на заряд силы компенсируются.
- Если представить начальную картинку как сферу с ВН. зарядом $2Q$ и зеркальную к предложенной полушару с зарядом $-Q$ станет очевидно, что ситуация зеркальна т.е. работа будет совершенно та же и $W_{k0} = 2K$

$$V_k = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{4K}{m}}$$



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!

$$\frac{839}{860} = 1 - \frac{21}{860} \approx 1 - \frac{1}{41} = \frac{40}{41} = \frac{832}{832}$$
$$\begin{array}{r} 831 \\ 32 \\ \hline 1662 \\ 2495 \\ \hline 26512 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100 \\ 86 \\ \hline 14 \\ 10.02 \end{array}$$

$$256 \cdot 3.14$$

$$5 \cdot 2.56$$

$$10 + 2.5 + 12.8$$

$$0.03$$

$$3.14 \cdot 0.3 = 0.9 + 0.03 + 0.$$

$$\begin{array}{r} 314 \\ 34 \\ \hline 20 \end{array} \begin{array}{r} 4 \\ 485 \end{array}$$

$$S$$

$$49 \cdot 6 = 474$$

$$x$$

$$\frac{gt^2}{2} = H$$

$$\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$t \cdot v_0 \cdot \sin \alpha + \frac{gt^2}{2} = H = 0$$

$$t = \frac{H}{v_0 \cdot \sin \alpha}$$

$$\cos \alpha \cdot \sqrt{g \cdot \sin^2 \alpha + 4}$$

$$\cos^2 \alpha' = -2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

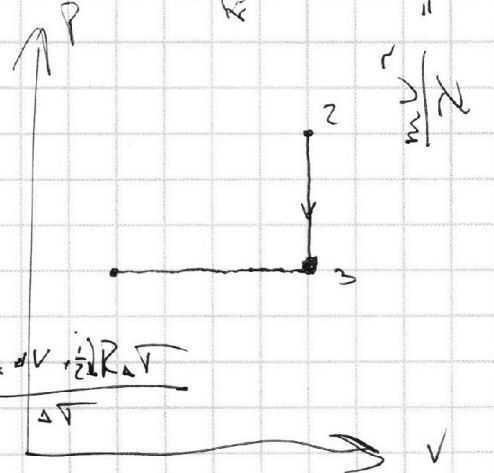
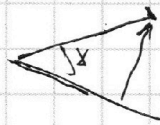
$$\sin^2 \alpha' = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$C_v = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A \cdot \Delta U}{\Delta T} = \frac{\frac{1}{2} R \Delta T}{\Delta T}$$

$$\left(\frac{P}{V} = \text{const} \right) \rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A \cdot \Delta U}{\Delta T} = \frac{P \cdot \Delta V \cdot \frac{1}{2} R \Delta T}{\Delta T}$$

$$P = V \cdot K$$

$$32$$





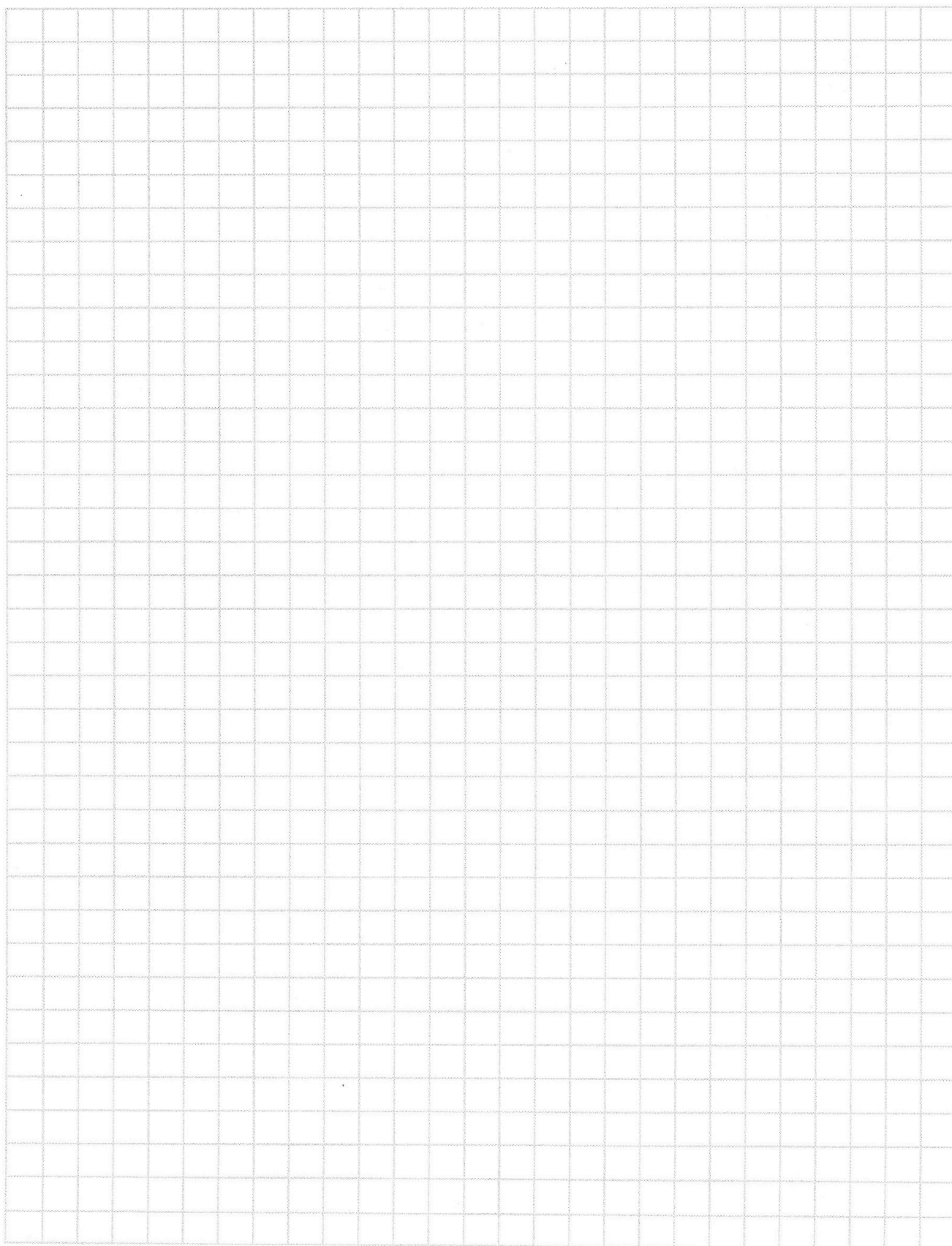
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

~~4~~ 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
☐

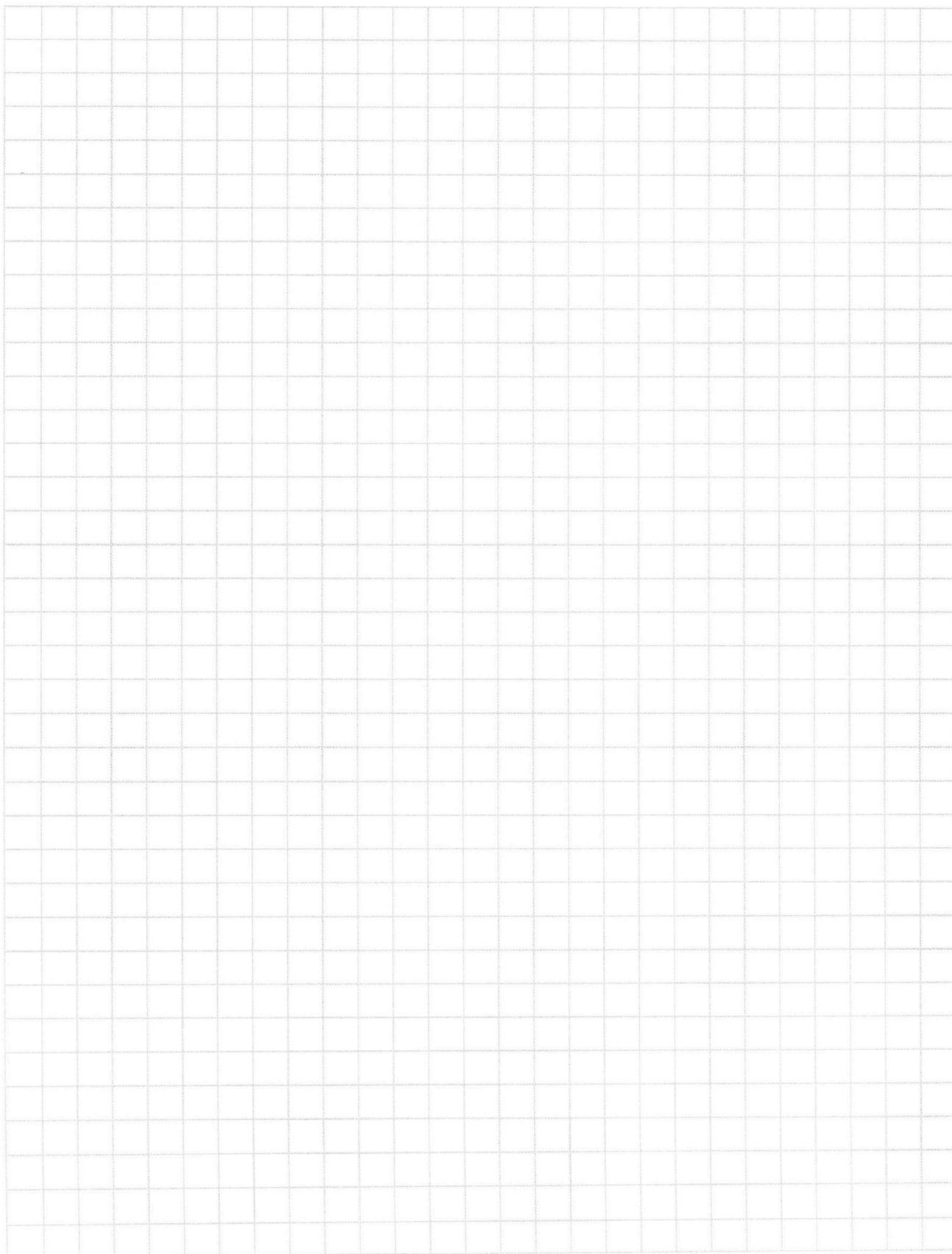
5
☐

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!

