



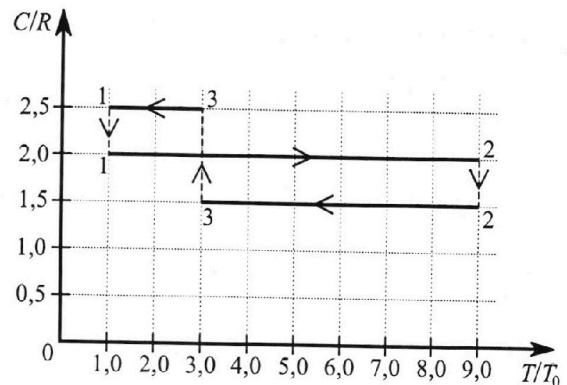
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 270 \text{ K}$.

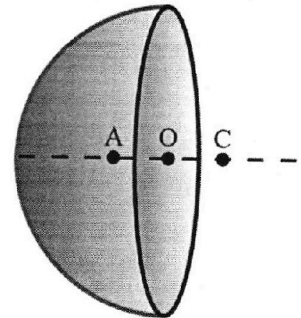


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. 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 . 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.



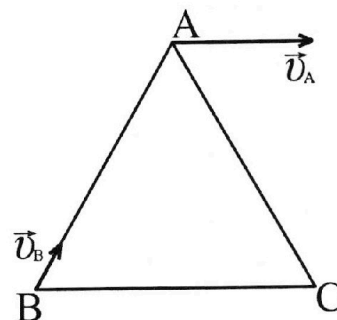
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

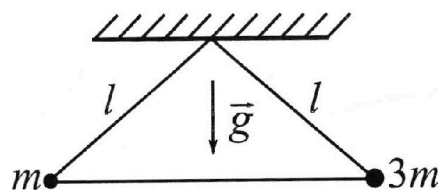
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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.



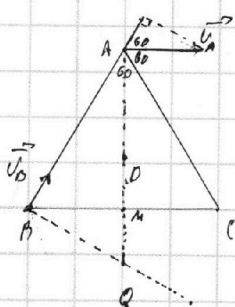
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!



AB не раст-и не сжимался $\Rightarrow$ проекции v_A и v_B на AB равны.

$$v_{A \cdot AB} = v_A \cos 60^\circ = \frac{v_A}{2} - \text{проекция } v_A \text{ на } AB$$

$$v_{B \cdot AB} = v_B - \text{проекция } v_B \text{ на } AB$$

$$\text{П.К. } v_{A \cdot AB} = v_{B \cdot AB}, \quad v_B = \frac{v_A}{2}; \quad v_B = 0,4 \frac{m}{c}$$

$AD \perp v_A; \quad BD \perp v_B \Rightarrow Q$ - мнов-й центр вращ-я.

Внеш. сил нет $\Rightarrow$ ц.м. движ-ся поступательно, $v_{ц.м.} = \text{const}$

Центр масс - центр $\triangle ABC$; A -М-О; M -мед $P/C \triangle \Rightarrow O$ (центр $\triangle ABC$) движ-ся

AM как $2/1$, считая от $T.A.$; $\triangle POM = \triangle BMQ$ (по кат. ост. $\angle$) $\Rightarrow OM = QM \Rightarrow$

$$O - \text{свр. } AQ; \quad AQ = \frac{a}{\sin 60^\circ} = \frac{2a}{\sqrt{3}} \Rightarrow AO = OQ = \frac{a}{\sqrt{3}} \text{ отн. } Q: \omega_O = \omega_A = \frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B} \Rightarrow$$

$$v_O = v_A \frac{R_O}{R_A} = \frac{v_A}{2}; \quad \text{отн. т.О: } v_{\text{отн.}} \quad v_A - v_O = \frac{v_A}{2} = 0,4 \frac{m}{c}, \text{ относ-но } O \text{ все точки}$$

$$\text{вращ-ая, } \omega = \omega_A = \frac{v_{\text{отн.}}}{AO} = \frac{v_A \sqrt{3}}{2a} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{c}; \quad \text{муха совершит } n = 4 \text{ обр-б} \Rightarrow$$

$$T = \frac{n \cdot 2\pi}{\omega} = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} c$$

$m \ll M_{\text{пластины}}$ муха не смещает ц.м. и не вносит в движение пластины

Сил муха испыт на б.с, $\vec{R} = m\vec{g} + N + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$; $m\vec{g} + N = 0$ (по IIIз Ньютона);

$$a = a_{\text{ц.м.}} = \frac{\omega^2}{R_c} = \frac{\omega^2}{AO}, \quad \text{т.с. } O - \text{центр } \triangle ABC = \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{a}{c^2} = \frac{3\sqrt{3}}{4} \frac{1}{c^2}$$

$$R = ma_{\text{ц.м.}} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 3\sqrt{3}}{1000 \cdot 1000 \cdot 4 \cdot c^2} = \frac{9\sqrt{3}}{20} \text{ мН}$$

$$\text{Ответ: } v_B = 0,4 \frac{m}{c}; \quad T = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} c; \quad R = \frac{9\sqrt{3}}{20} \text{ мН}$$



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
☐

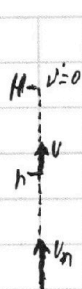
6
☐

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!



$$H = \frac{V_n^2}{2g}, V_n - \text{исходная}$$

$$h = \frac{V_n^2 - V^2}{2g}, \text{т.к. движение равноускоренное}$$

$$H = h + \frac{V^2}{2g} = 11,2 \text{ м} + \frac{6^2}{20} \text{ м} = 12,8 \text{ м}$$

Нахождение угла для $V = \max$ на границе 2.

$$L_{\max} = \frac{2V_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{2gH + V_0^2(1 - \cos^2 \alpha)} = \frac{\sqrt{31}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{32}{10} \cdot \sqrt{240 + 256 \cdot \frac{1}{32}} = \frac{\sqrt{31 \cdot 32 \cdot 248}}{10} = \frac{31 \cdot 16}{10} = 49,6 \text{ м}$$

Ответ: $H = 12 \text{ м}$; $L_{\max} = 49,6 \text{ м}$



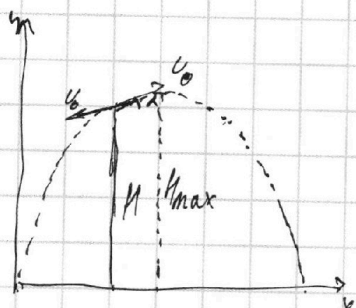
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

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

$$H_{\max} = \frac{29H + v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = \frac{29H + v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}$$

Получим т.р. в верхней точке скачки по горизонтали, $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$

$$L = 2v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{2v_0 \cos \alpha \cdot (29H + v_0^2 \sin^2 \alpha)}{g}$$

$$\cos^2 \alpha \cdot [29H + v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha)] \text{ max}$$

$$\cos^2 \alpha (29H + v_0^2) - v_0^2 (\cos^4 \alpha) \text{ max при } \cos^2 \alpha = \frac{29H + v_0^2}{2v_0^2} = \frac{290 + 156}{512} = \frac{446}{512} = \frac{223}{256}$$



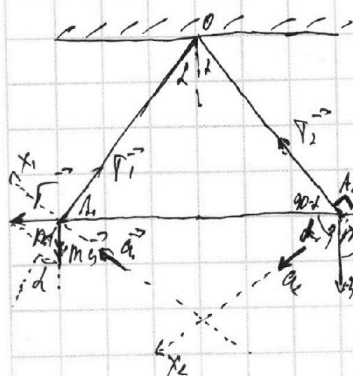
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Сразу после освобождения $v_2 \rightarrow 0 \Rightarrow a_{x_2} = 0 \Rightarrow$

$$\vec{a} \approx \vec{a}_n \Rightarrow \sin \alpha = \frac{l \cdot \omega^2}{2 \cdot l} = 0,6, \text{ т.к. } \vec{a}_2 \perp OA_2$$

O - центр вращ. я

По 2-му закону: $T_2 + T - 3mg = 3ma_2$

$$\omega_1 = \omega_2, v_1 = v_2 \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$T_1 + T - mg = ma$$

$$\text{т.к. } v = at$$

$$A_2 O: T_2 - T \sin \alpha - 3mg \cos \alpha = 0 \quad \text{?} \Rightarrow T_2 = 3T$$

$$A_1 O: T_1 - T \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0$$

$$A_2 x_2: 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha = 3ma_2 \quad (1)$$

$$A_1 x_1: T \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma_1 = ma_2 \quad (2)$$

$$(1) + (2): 2mg \sin \alpha = 4ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{g \sin \alpha}{2} = 0,39 = \frac{3}{4} \frac{g}{2}$$

$$(1) - 3 \cdot (2): 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha - 3T \cos \alpha - 3mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow 6mg \sin \alpha = 4T \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 1,5mg \tan \alpha, \tan \alpha = \frac{0,6}{\sqrt{1-0,6^2}} = \frac{3}{4} \Rightarrow T = \frac{1,5 \cdot 0,08 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{4} = 0,9 \text{ Н}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,6, a_2 = \frac{3}{4} \frac{g}{2}; T = 0,9 \text{ Н}$



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!

(Решение)

Процесс 1-2 политропный, $\gamma = 1.5$, $\gamma \cdot R = C = 2R$; $P_0 V_0 = 2R T_0 \Rightarrow P_0^{\frac{2}{3}} = 2R T_0$

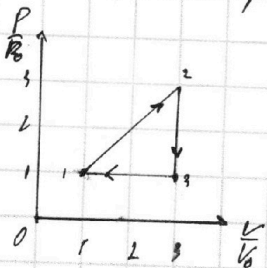
$$P_2^{\frac{2}{3}} = 2R \cdot 3T_0 \Rightarrow \frac{P_2^{\frac{2}{3}}}{P_0^{\frac{2}{3}}} = \frac{3}{1} \Rightarrow P_2 = 3P_0; \quad V_2 = \frac{2}{3}V_0 = \frac{2}{3}V_0$$

Процесс 2-3 изохорический, т.е. $C = 1.5R \Rightarrow \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow P_3 = \frac{P_2 \cdot T_0}{3T_0} = \frac{3P_0 \cdot T_0}{3T_0} = P_0; \quad V_3 = V_2 = \frac{2}{3}V_0$

Процесс 3-1 изобарический, т.е. $C = 2.5R \Rightarrow \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_1 = \frac{V_3 \cdot T_3}{T_1} = \frac{\frac{2}{3}V_0 \cdot 3T_0}{T_0} = 2V_0; \quad P_1 = P_3 = P_0$

Цикл замкнут = процесс 1-2 идет по $\gamma = 1.5$

Построим график: $\frac{P}{P_0} \left(\frac{V}{V_0} \right)$



$$A_1 = \text{Графика} \cdot P_0 V_0 = 2P_0 V_0; \quad \text{По 4-ю м.к.} \quad P_0 V_0 = 2R T_0 = 7J = 20R T_0$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8.31 \cdot 270 \text{ Дж} \approx 13461.2 \text{ Дж}$$

$$\text{По 3-ю м.к.} \quad E_p = \frac{N \cdot A_1}{2}; \quad E_p = M g H \Rightarrow H = \frac{N \cdot A_1}{2 M g} \approx 40386.6 \text{ м}$$

Ответ: $H' \approx 13461.2 \text{ м}; \quad H \approx 40386.6 \text{ м}$



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!

$$F = \frac{kqQ}{r^2} = mg \Rightarrow a = \frac{kqQ}{m r^2}$$



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.



СТРАНИЦА
— ИЗ —

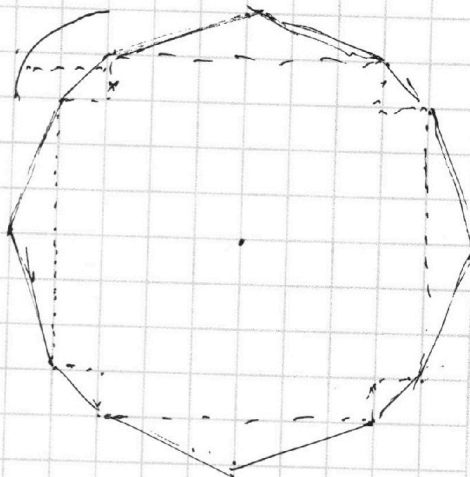
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{array}{r} 120 \\ 256 \\ \hline 326 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1512 \\ 326 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,30 + 8,32 = 16,62 \\ 16,62 : 2 = 8,31 \\ 8,31 \cdot 1000 = 8310 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ 31 \\ \hline 47 \\ 49,6 \\ \hline 13,46 \\ 3 \\ \hline 4038 \end{array}$$

$$\frac{45 \cdot 0,08^2}{4} = \frac{45}{50} = 0,9 \text{ Н}$$



$$S \approx 314,25 \approx 314,3$$

$$S \approx 4 \cdot 18,5$$

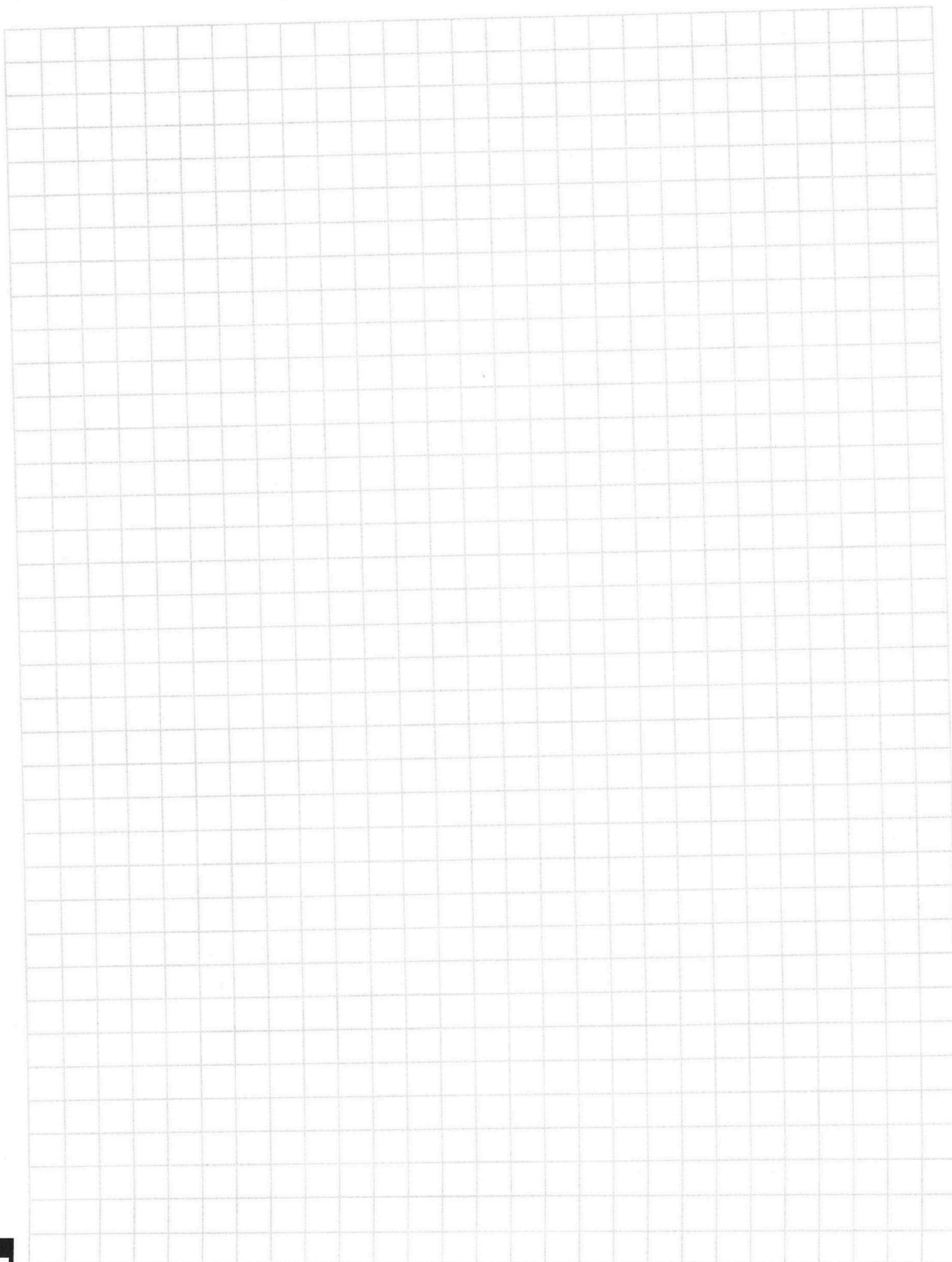


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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
☐

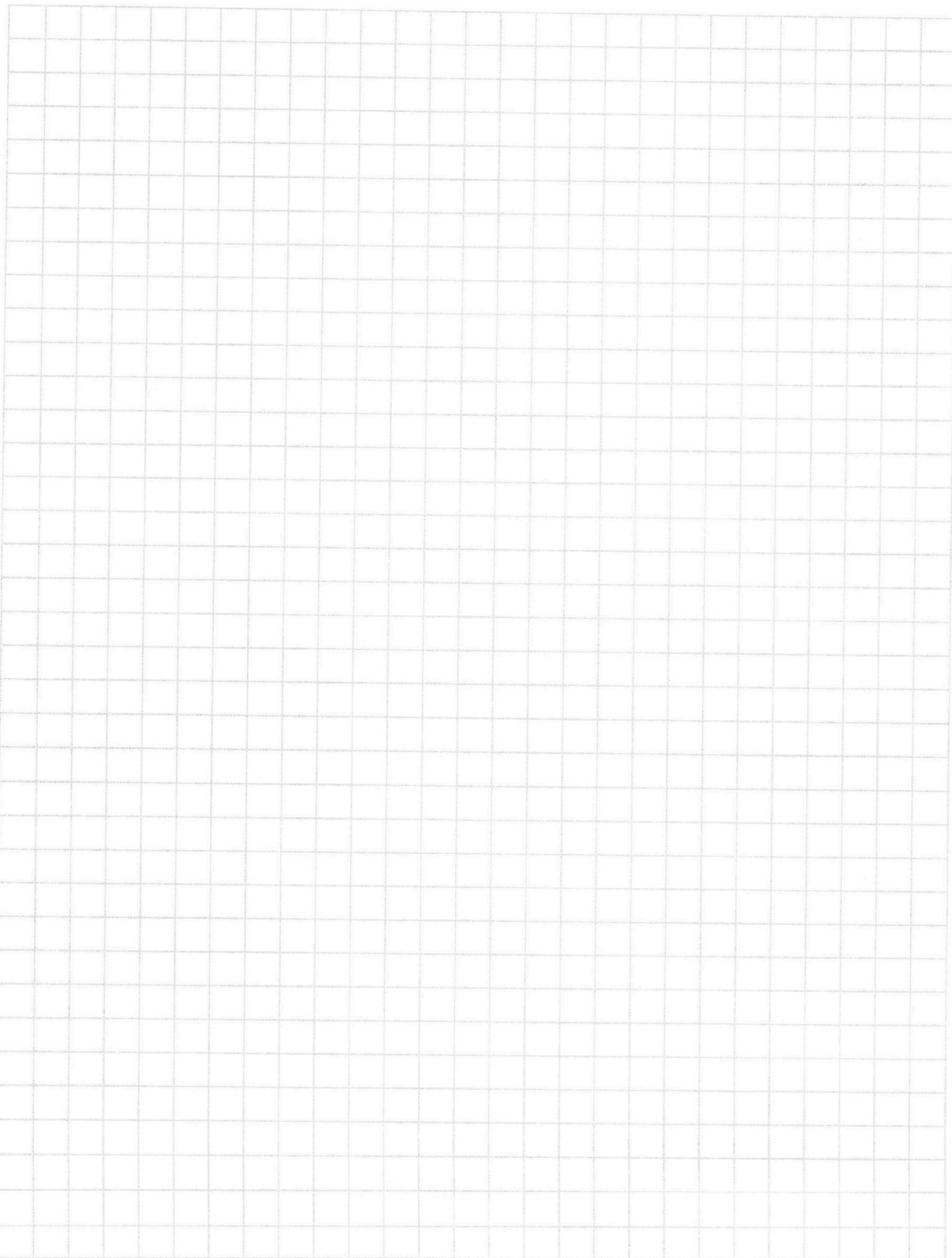
5
☐

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!

