



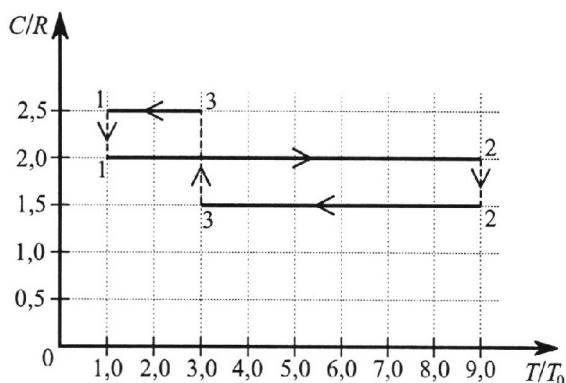
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 270$ К.

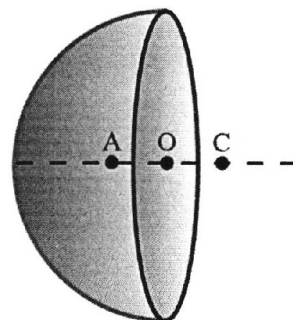


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ 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 . 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.



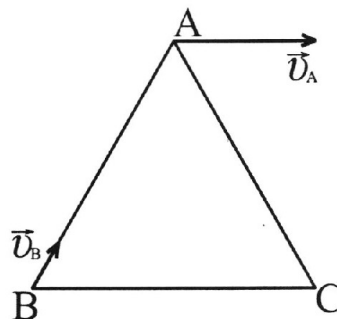
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

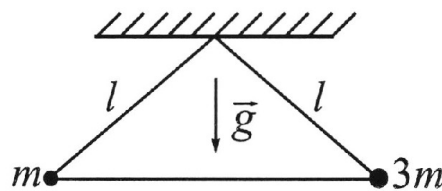
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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.



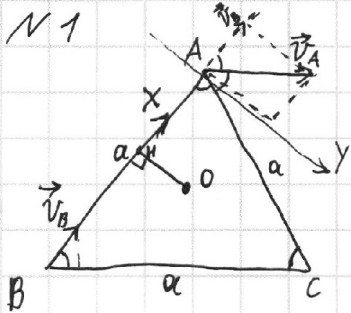
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 1



$$V_A = 0,8 \text{ м/с} \quad \alpha = 0,4 \text{ м}$$

1) Ох направлена вдоль BA.

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A \text{ в проекции на ось } X.$$

$$Ox: V_B = V_A \cdot \cos 60^\circ = 0,8 \cdot \frac{1}{2} = \boxed{0,4 \text{ м/с}}$$

(т.к. B и A на одной прямой $\Rightarrow$ на оси X $V_B = V_A$)

$$2) \text{ Число оборотов } = 4 \cdot 2\pi = 8\pi$$

$$V = \frac{8\pi}{\omega}, \text{ где } \omega - \text{угловая скорость точки. или}$$

$$V = \frac{8\pi R}{T}, \text{ где } V - \text{линейная скорость точки.}$$

Пусть:

$$Oy \perp AB.$$

$$Oy: V_{Ay} = \sqrt{V_A^2 - V_B^2} = \sqrt{0,8^2 - 0,4^2} = \sqrt{0,64 - 0,16} = \sqrt{0,48} = 0,4\sqrt{3}$$

$$V_{Ay} = V_A \cdot \cos 30^\circ = 0,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,4\sqrt{3} \quad (\text{тогда } V_0 = 0)$$

Видеаль $V_A \parallel BC, V_B \parallel AC, V_C \parallel AB$, но по зад. $V_A \parallel BC$, а $V_B \parallel AB \Rightarrow V_0 \parallel V_A \parallel BC$

$$V_B = V_B' + V_0 \Rightarrow V_B' = V_B = V_0 \Rightarrow$$

центр масс движется

со $V_0 = V_B = 0,4 \text{ м/с}$, параллельно BC $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V_A' = V_A - V_0 = 0,8 - 0,4 = 0,4$$

(V точки A, относительно O.)

$$AO = \frac{2}{3} a \cos 30^\circ = \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{a}{2} = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 = \frac{0,4\sqrt{3}}{3}$$

$$T = \frac{8\pi R}{V_A'} = \frac{8\pi \cdot \frac{0,4\sqrt{3}}{3}}{0,4} = \boxed{\frac{8\sqrt{3}}{3} \pi \text{ сек.}}$$

3) центр масс и пластинка движется равномерно прямолинейно

$\Rightarrow$ на ленту действует центробежная сила

инерции (из-за вращения пластинки)

$$R = F_{\text{ин}} = m\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{R}{m}$$

$$R = F_{\text{ин}} = m\alpha = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4\sqrt{3} = \boxed{24\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}}$$



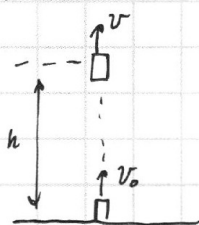
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

N 2



1) $v = 4 \text{ м/с}$ $h = 11,2 \text{ м}$ $H = ?$

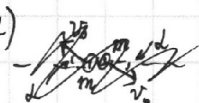
~~$h = \frac{v_0^2}{2g}$~~ $H = h + \Delta h$

$\Delta h = v t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{v^2}{g} - \frac{g v^2}{g^2 \cdot 2} = \frac{v^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м}$

$0 = v - g t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{v}{g}$

$H = h + \Delta h = 11,2 + 0,8 = \boxed{12 \text{ м}}$

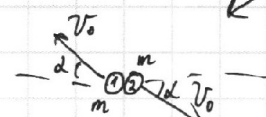
2)



На макс. высоте ускорения $v = 0$.

он разбивается на два одинаковых осколка $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ по закону сохр. импульса эти осколки летят одинак. v , и ~~одинак.~~ $v_1 \uparrow v_2 \Rightarrow$



$L_1 = v_0 \cos \alpha t_1$

$L_2 = v_0 \cos \alpha t_2$

~~$0 = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} + H$~~

~~$0 = v_0 \sin \alpha t_2 - \frac{g t_2^2}{2} + H$~~

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

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

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

~~$L_1 + L_2 = v_0 \cos \alpha t$~~

$t_1, t_2 > 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$ $t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha - \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$

$v_0 \sin \alpha < \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$
 $v_0^2 \sin^2 \alpha < v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow$

$L = L_1 + L_2 = \frac{v_0 \cos \alpha \cdot (v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}) + v_0 \cos \alpha (v_0 \sin \alpha - \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH})}{g}$

~~$2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$~~

~~$\leftarrow \text{это макс, если } \sin^2 \alpha = 1 \rightarrow \alpha = 90^\circ$~~ $\Rightarrow \frac{2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$

$2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \Rightarrow 4 v_0^2 \cos^2 \alpha (v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH) = 4 v_0^4 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha + 8 v_0^2 g H \cos^2 \alpha$
 $= \cos^2 \alpha (4 v_0^4 - 4 v_0^4 \cos^2 \alpha + 4 v_0^2 g H) \leftarrow \text{max, если } \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$

$L_{\max} \Leftrightarrow \alpha = 0^\circ$

~~$L_{\max} = \frac{4 v_0^4 + 4 v_0^2 g H - 4 v_0^4 \cos^2 \alpha}{g} = \frac{4 v_0^4 (1 - \cos^2 \alpha) + 4 v_0^2 g H}{g}$~~

$= \frac{2 v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{2 v_0 \sqrt{2gH}}{g} = \frac{2 \cdot 16 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 12}}{10} =$

$= \frac{32 \sqrt{240}}{10} = \frac{32 \cdot 2 \sqrt{60}}{10} = \boxed{6,4 \sqrt{60} \text{ м}}$

$x^2 + 4x + 4 = 0$
 $x = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 16}}{2} = -2$

$4 v_0^2 g H \cos^2 \alpha$
 $2 v_0^4 - v_0^4 + 2 v_0^2 g H = v_0^4 + 2 v_0^2 g H$
 $v_0^4 = 16^4 = 4 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 12 = 480000$
 $16^2 = 256 < 480$



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 3

1) $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$
 $(1,2l)^2 = l^2 + l^2 - 2l^2 \cos \varphi = 2l^2 - 2l^2 \cos \varphi = 2l^2(1 - \cos \varphi)$
 $1 - \cos \varphi = \frac{1,44l^2}{2l^2} = \frac{1,44}{2}$
 $\cos \varphi = 1 - \frac{1,44}{2} = 1 - 0,72 = 0,28$
 $\cos \gamma = \frac{0,6l}{l} = 0,6 \Rightarrow \sin \gamma = \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$

Отм. 0: $mg \cdot l \cos \gamma \neq 3mg \cdot 0,6l$ $mg \cdot 0,6l \neq 3mg \cdot 0,6l \Rightarrow$

$\vec{a}_1 \perp OA \Rightarrow$ после нескольких находжений равных углов $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \alpha = 90 - \gamma$ $\sin \alpha = \sin(90 - \gamma) = \cos \gamma = 0,6$

2) $3mg \cdot 0,6l - mg \cdot 0,6l = 2mg \cdot 0,6l \Rightarrow$ можно перейти к эквивалентной системе:

$|\vec{a}_1| = g \cdot \cos \gamma = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ м/с}^2$

3) Т тержка для шарика 3m на самом деле является сила сопротивления шарика m.
 $T = ma_1 = ma_2 \cos \alpha = ma_2 \cos(90 - \gamma) = ma_2 \sin \gamma = 0,08 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,08 \cdot 0,8 \cdot 6 = 0,384 \text{ Н}$

0,08 ¹/₁₀ $\times$ 0,064 $\frac{6}{0,384}$



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!

№ 4

$$C_p = \frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ процесс 3-1-
изобарный

$$C_v = \frac{i}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ процесс 2-3-
изохорный

$i=3$ (одноатомный)

1)

~~в Т.1 (P₀, V₀)~~

~~в Т.2 T=3T₀, V=3V₀~~

~~(1, 1)~~

~~из Т.2 T умн. в 3 раза $\Rightarrow$ (3, 3)~~

1-2- процесс увелич. температуры

$$pV = \nu R T_0 \Rightarrow p=3p_0, V=3V_0$$

(равномерно увелич. p и V)

2-3- изохорный; T умн. в 3 раза $\Rightarrow$

p умн. в 3 раза.

3-1- изобарный; T уменьшилось в 3 раза $\Rightarrow$

$\Rightarrow V$ умн. в 3 раза.

2) $A_1 = \frac{(3p_0 - p_0)(3V_0 - V_0)}{2} = 2p_0 \cdot 2V_0/2 = 2p_0 V_0$

$$p_0 V_0 = \nu R T_0 = 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 810 \cdot 8,31 = 6731,1 \text{ Дж}$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 2 \cdot 6731,1 = 13462,2 \text{ Дж}$$

3) $A_{\text{всех}} = 15 \cdot \frac{A_1}{2} = 15 \cdot 6731,1$

$$A_{\text{всех}} = F \cdot S \Rightarrow S = A_{\text{всех}} / F = \frac{15 \cdot 6731,1}{250 \cdot 10} = \frac{100966,5}{2500} \approx 40 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 810 \\ \hline 6731,10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 33655,5 \\ \times 3 \\ \hline 100966,5 \end{array}$$



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
☒

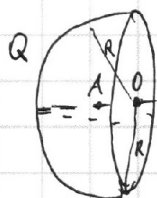
6
☐

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 5



$AO = OC$

1) $F_k = \cancel{k \frac{|q_1| |q_2|}{R^2}} k \frac{|q_1| |q_2|}{R^2}$

$$V_0 = 0 + \alpha t_1$$

$$V_0 = 0 + \frac{F_k}{m} t_1$$

$$\alpha = \frac{F_k}{m}$$



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!





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
☐

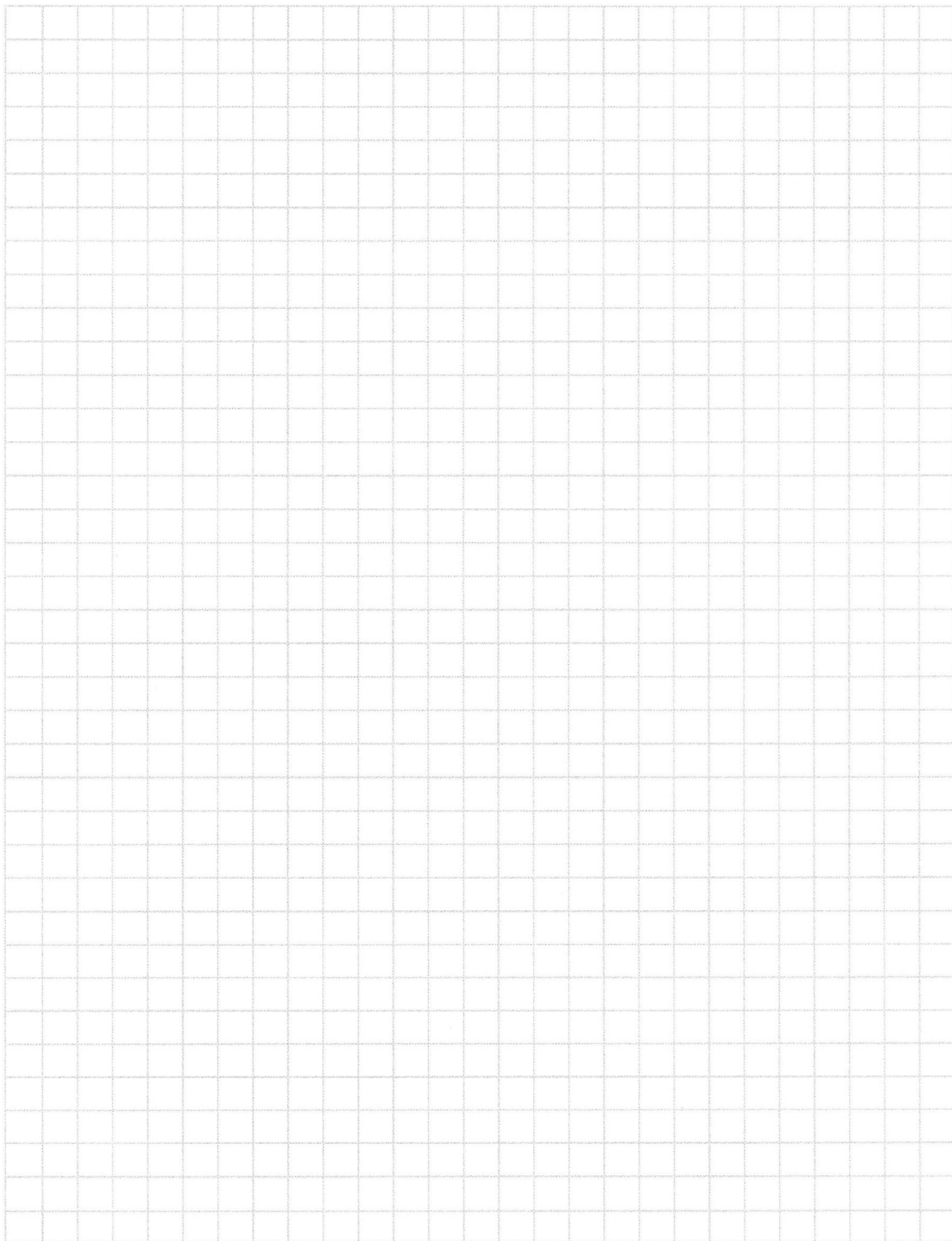
5
☐

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
☐

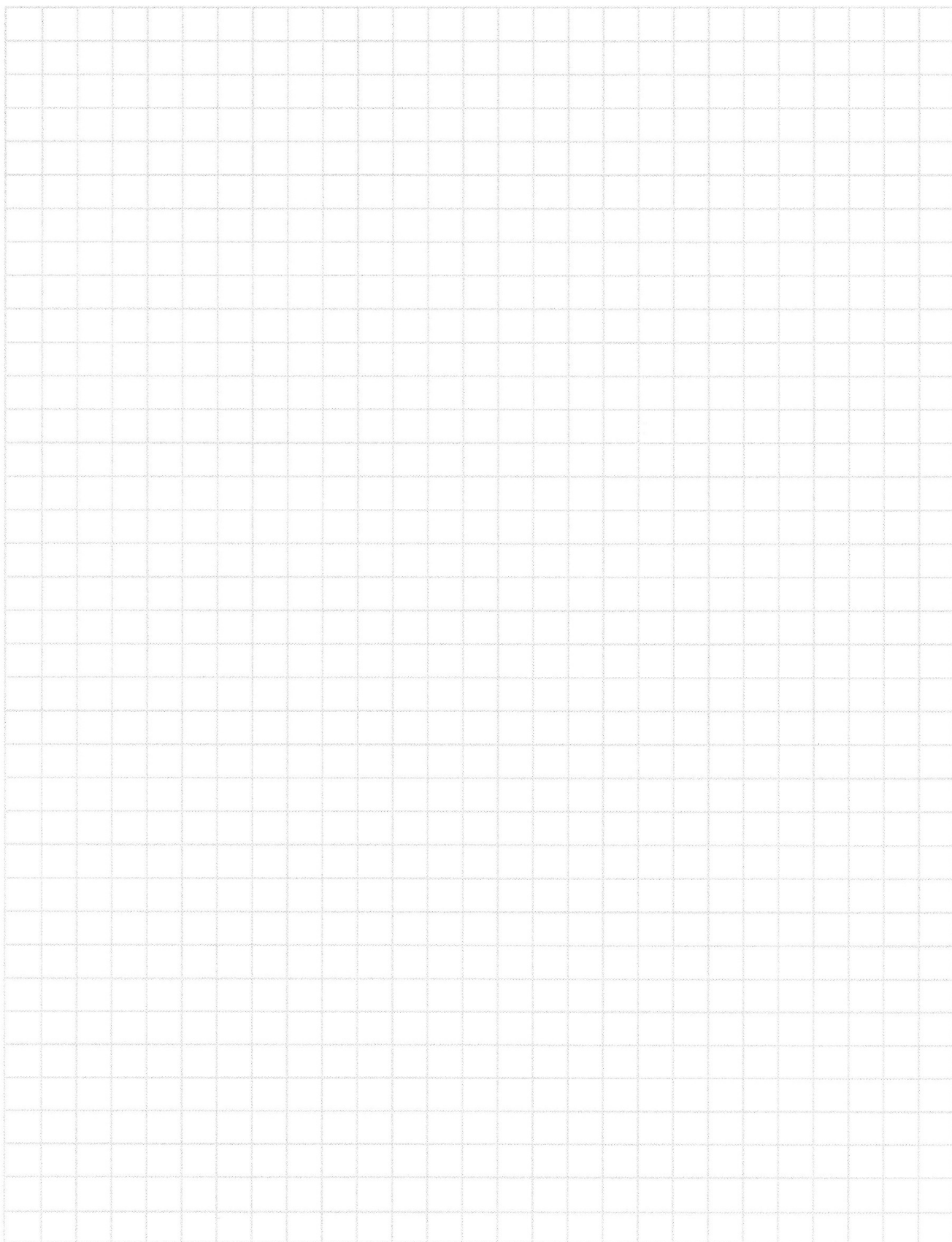
5
☐

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!



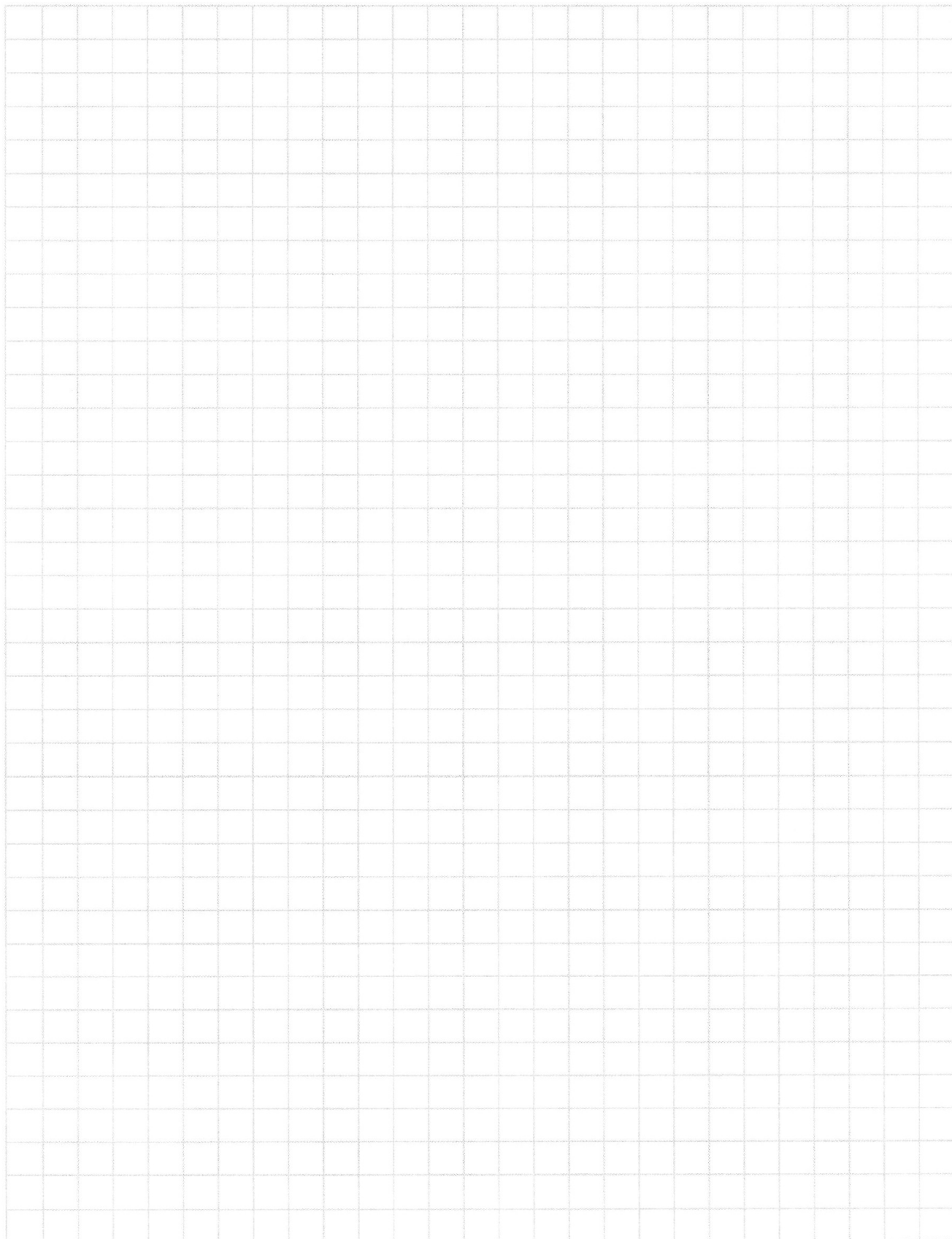


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

