



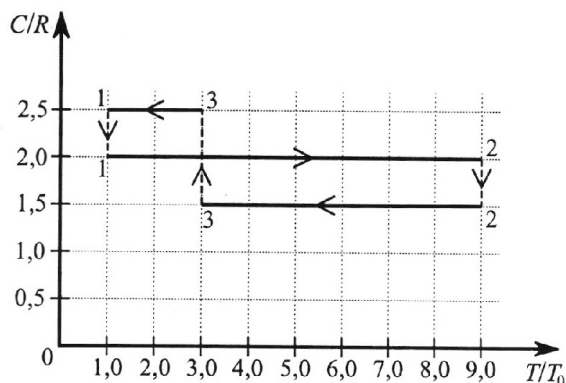
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

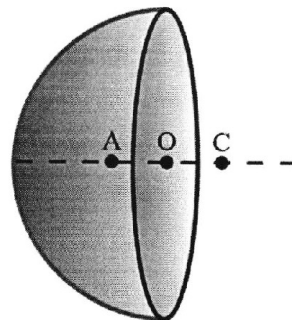


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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.



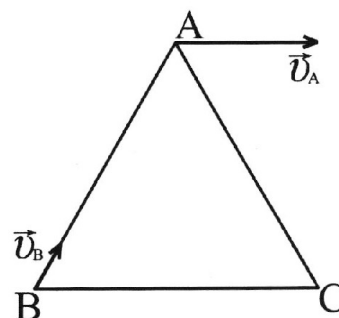
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

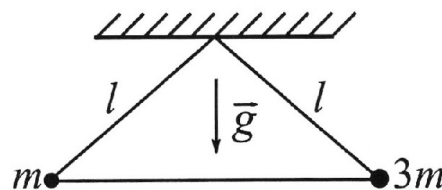
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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!

$v_A = 0,8 \frac{м}{с}$
 $a = 0,4 м$
 $v_B = ?$
 $\tau = ?$
 $m = 60 м$
 $R = ?$

1)

$\alpha = 60^\circ$
 Отрезок АВ не растяжим $\Rightarrow v_B = v_A \cos \alpha$
 $v_B = 0,4 \frac{м}{с}$

2) Каждый т.О - МЦС $\Rightarrow$ Отрезки $ОВА$ и $ОАА'$ - прямые $\Rightarrow$ $AC' = \frac{a}{\sqrt{3}}$
 $\Rightarrow AO = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{0,8}{\sqrt{3}} м$. $C' - ц.м.$ $\Rightarrow \frac{v_{C'}}{CO} = \frac{v_A}{AO}$; $CO = AO - \frac{a}{\sqrt{3}} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{v_C \sqrt{3}}{0,4} = \frac{0,8 \sqrt{3}}{0,8 - \frac{0,4}{\sqrt{3}}} \Rightarrow v_C = 0,4 \frac{м}{с}$. Перейдем в CO ц.м. Она инерциальная $\Rightarrow v_C = \cos \alpha \Rightarrow v_{АОИНС'} = 0,4 \frac{м}{с} \Rightarrow \omega_{ОИНС'} = \frac{v_{АОИНС'}}{AC'} = \frac{0,4}{\frac{0,4}{\sqrt{3}}} = \sqrt{3} с^{-1}$
 $\omega_{ОИНС'} \tau = 4 \cdot 2\pi \Rightarrow \tau = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} с = \frac{8\pi\sqrt{3}}{3} с$

3) Движение тмелы можно представить как суперпозицию поступательного движения с ^{постоянной} скоростью $ц.м.$ и вращательного ^{равной скорости} $(ц.м. симметрична)$ со скоростью $v_{ОИНС'} = v_{АОИНС'} = 0,4 \frac{м}{с}$ относительно $ц.м.$ Найдем $R = m a_{пт.}; a_{пт.} = \frac{v_{ОИНС'}^2}{R} \Rightarrow R = \frac{0,4^2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10^{-5}}{с^2 \cdot \frac{8\pi\sqrt{3}}{3}} = 2,4\sqrt{3} \cdot 10^{-5} Н = 24\sqrt{3} мН$

Ответ: $v_B = 0,4 \frac{м}{с}$; $\tau = \frac{8\pi\sqrt{3}}{3} с$; $R = 24\sqrt{3} мН$



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!

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h = 11,2 \text{ м}$$

$$V = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_0 = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

1) Сказано, что реи́рверх разрывается на максимальной высоте, а его скорость до разрыва направлена вертикально $\Rightarrow$ ЗСЭ:
 $\frac{mV^2}{2} + mgH = mgH \Rightarrow H = \frac{V^2}{2g} + h$
 $H = \frac{16}{20} + 11,2 \text{ м} = 20 \text{ м}$

$$H = ?$$

$$L_{\text{max}}$$

2) Из 3 на сохранении энергии следует, что скорости осколков равны и противоположно направлены.
 Нетрудно заметить, что т.к. скорости противоположно направлены, то объединение траекторий осколков образуют одну пара-

балу. Эту парабалу можно задать так: скажем, что тело бро-
 шено под углом к горизонту и со скоростью v . Пусть её траекто-
 рия — наша парабала. Достигнем кинематику: $v \cos \beta = V_0 \cos \alpha$; ЗСЭ:

$v^2 = 2gH + V_0^2$. Длина L равна по формуле, как $\frac{2v \sin \beta \cos \beta}{g} \Rightarrow L = \frac{v \sin 2\beta}{g}$, но
 (т.е. v никак не зависит от β) $\Rightarrow v \sin 2\beta$
 т.к. L должно быть $L_{\text{max}} \Rightarrow \frac{v \sin 2\beta}{g} \rightarrow \text{max} \Rightarrow \sin 2\beta = 1 \Rightarrow \beta = 45^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow L_{\text{max}} = \frac{v}{g} = \frac{\sqrt{2gH + V_0^2}}{g}$$

$$L_{\text{max}} = \frac{\sqrt{400 + 256}}{10} \text{ м} = \frac{16}{10} \sqrt{25 + 16} \text{ м} = \frac{16\sqrt{41}}{10} \text{ м}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$; $L_{\text{max}} = \frac{16\sqrt{41}}{10} \text{ м}$



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.

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!

$$m = 802$$

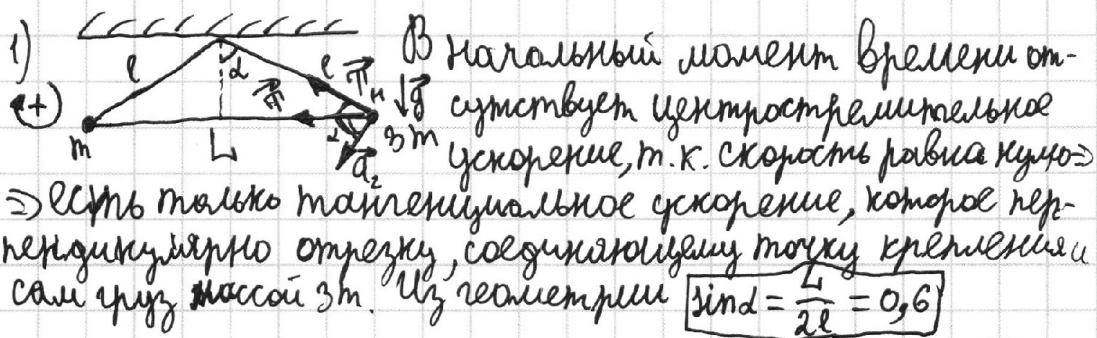
$$l, L = 1,2l$$

$$\alpha - ?$$

$$a_2 - ?$$

$$T - ?$$

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$



2) Рассмотрим вращение относительно точки подвеса. П.к. нити нерастяжимы $\Rightarrow l = \text{const}$. Распишем основное уравнение динамики вращ. движения; внешние силы - только сила тяжести, сила реакции потолка момента не создаёт $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 3mgL \sin \alpha - mgL \sin \alpha = \bar{I} \epsilon; \bar{I} = ml^2 + 3ml^2 = 4ml^2; \epsilon = \frac{a_2}{l} \Rightarrow$$

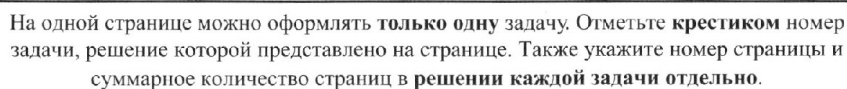
$$\Rightarrow 2mgL \sin \alpha = 4ml^2 \cdot \frac{a_2}{l} \Rightarrow a_2 = \frac{g \sin \alpha}{2} \quad a_2 = 0,3g = 3 \frac{м}{с^2}; \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

3) В начальный момент времени $a_{ц.м.}$ равно нулю $\Rightarrow T_H + T \sin \alpha - 3mg \cos \alpha = 0; T \cos \alpha + 3mg \sin \alpha = 3ma_2 \Rightarrow T = \frac{3(ma_2 - mg \sin \alpha)}{\cos \alpha}$

$$T = \frac{-3mg \sin \alpha}{2 \cos \alpha}$$

знак минус означает, что мы не угадали с направлением $T \Rightarrow T = \frac{3 \cdot 802 \cdot 10 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,8} = 0,9 Н$

Ответ: $\sin \alpha = 0,6; a_2 = 3 \frac{м}{с^2}; T = 0,9 Н$



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) У одностањеног гаса $C_v = 1,5R$; $C_p = 2,5R$; $C_{p-v} = 2R$.

Воспользуемся 3-м Клапейрона-Менделеева: $pV = \nu RT$,
 $p_0 V_0 = \nu RT_0 \Rightarrow \frac{p}{p_0} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{R T}{R T_0}$. Используя вышеперечисленные фак-
 $\frac{p}{p_0}$

$$p_0 V_0 = \gamma R T_0 \Rightarrow \frac{p}{p_0} \cdot \frac{V}{V_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

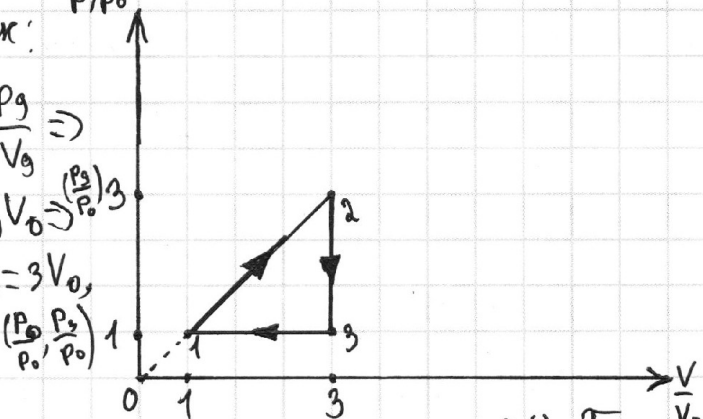
ты изображении шаррик:

$$k) \frac{p_3}{p_0} = \frac{T_3}{T_0}; \frac{p_3}{p_3} = \frac{T_3}{T_3}; \frac{p_0}{p_0} = \frac{p_3}{p_3} \Rightarrow$$

$$10; p_9 = 3p_3 \Rightarrow 3p_3 V_3 = 3p_9 V_9 \Rightarrow$$

$$p_g V_0 \Rightarrow 3 \gamma R T_0 = \frac{9 \gamma R T_0 V_0}{V} \Rightarrow V_g = 3 V_0$$

$$p_9 = 3p_0; p_3 = p_0$$



2) Работа находится как площадь под графиком $p(V)$. Площадь под графиком $\frac{p}{p_0} \left(\frac{V}{V_0} \right)$ равна площади треугольника, равна 2 $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{A_1}{p_0 V_0} = 2 \Rightarrow A_1 = 2 p_0 V_0 \Rightarrow \boxed{A_1 = 2 \gamma R T_0} \quad A_1 = \frac{270}{162} \cdot 6,831 \text{ Dm} = 1620,831 \text{ Dm}$$

$$\textcircled{= 12762,2 \text{ Dm}}$$

$$3) M_{gH} = \eta N \cdot A, \Rightarrow H = \frac{15 \cdot 13462,2}{2 \cdot 250 \cdot 2} = \frac{1296}{13262,2} = \frac{3 \cdot 13462,2}{1000} \approx 40,4 \mu$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 13462,2 \\ \hline 240 \\ 3600 \\ 40386,6 \end{array}$$

Übem: $A_1 = 2 \gamma R T_0 = 1462,2 \text{ J/m}^2$; $H = 40,4 \text{ m}$



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
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!

k, m, q, Q, R, V
 $V_0 = ?$
 $V_c = ?$

1) На большом расстоянии потенциальная энергия взаимодействия заряда и полушеры стремится к нулю. Запишем ЗСЭ: $\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{kqQ}{R}$, т.к. потенциальная энергия взаимодействия зарядов $= \frac{kq_1q_2}{R} \Rightarrow$ энергия взаимодействия заряда с полушферой равно $\sum \frac{kq}{R} \Delta Q = \frac{kqQ}{R}$

Получаем: $V_0 = \sqrt{\frac{2kqQ}{mR} + V^2}$

2) Пусть энергия взаимодействия заряда с ^{новой} полушферой в точке С равна E_0 . (симметрично относительно полушеры отразим нашу полушферу и "добавим" туда же ^{равномерно заряженную} полушферу, но уже с зарядом $-Q$. Фактически ничего не изменилось, так что взаимодействие заряда с новой системой ^{тоже} не изменилось. Распишем теперь энергию взаимодействия заряда с полушферой и сферой с зарядом $2Q$. Потенциал, создаваемый сферой внутри себя равен $\frac{kQ}{R} \Rightarrow \Rightarrow E_{сф} = \frac{kq \cdot 2Q}{R}$. Энергия взаимодействия заряда в т.А. с полушферой зарядом $-Q$ равна, как следует из вышесказанного, $-E_0$.

ЗСЭ: $\frac{2kqQ}{R} - E_0 = E_0 + \frac{mV_c^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow E_0 = \frac{2kqQ}{R} - \frac{mV^2}{2} \Rightarrow \frac{2kqQ}{R} + \frac{mV_c^2}{2} = mV^2 \Rightarrow \frac{mV_c^2}{2} = mV^2 - \frac{2kqQ}{R} \Rightarrow V_c = \sqrt{\frac{2}{m} \left(mV^2 - \frac{2kqQ}{R} \right)}$

Ответ: $V_0 = \sqrt{\frac{2kqQ}{mR} + V^2}$; $V_c = \sqrt{\frac{2}{m} \left(mV^2 - \frac{2kqQ}{R} \right)}$



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
☐

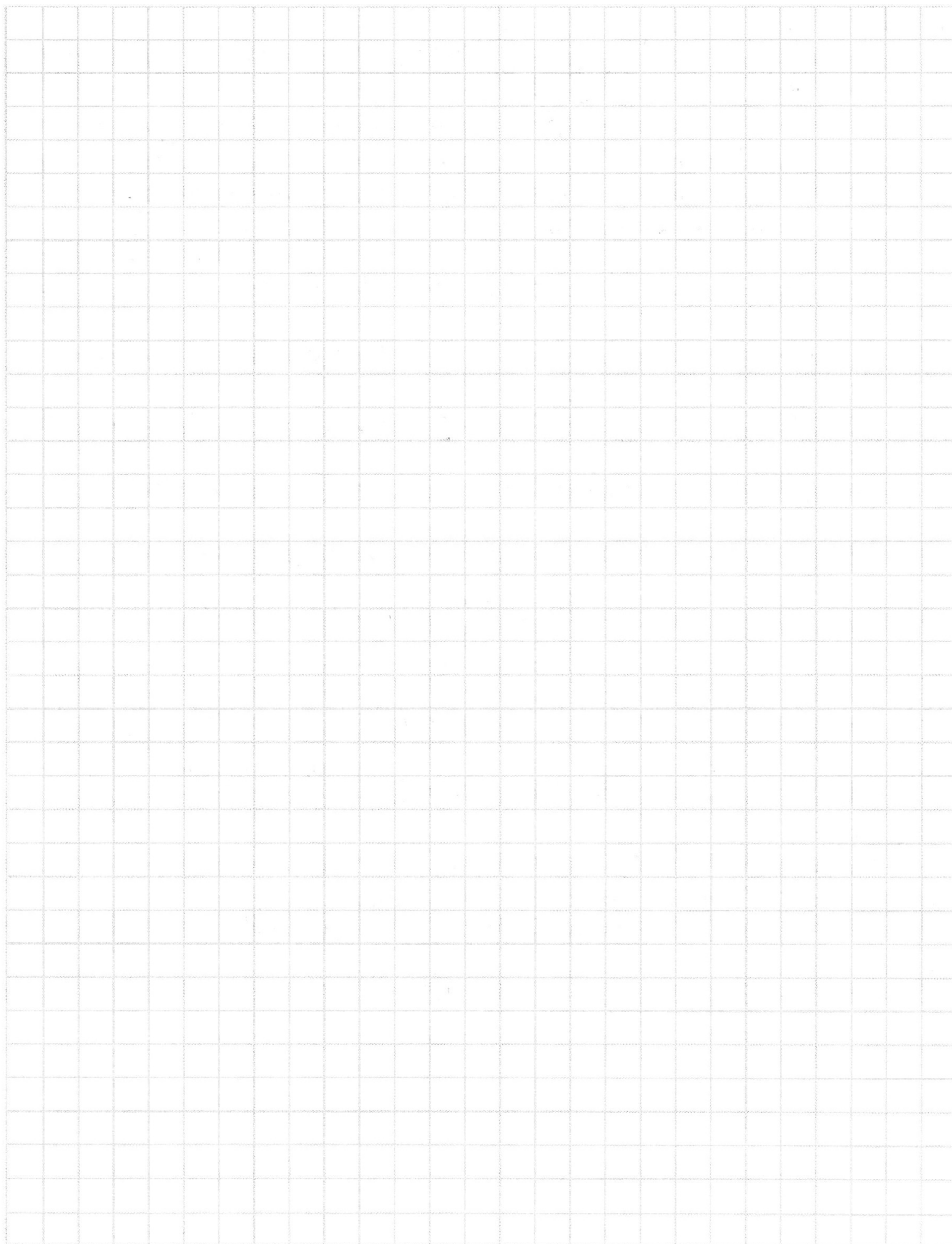
5
☐

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
☐

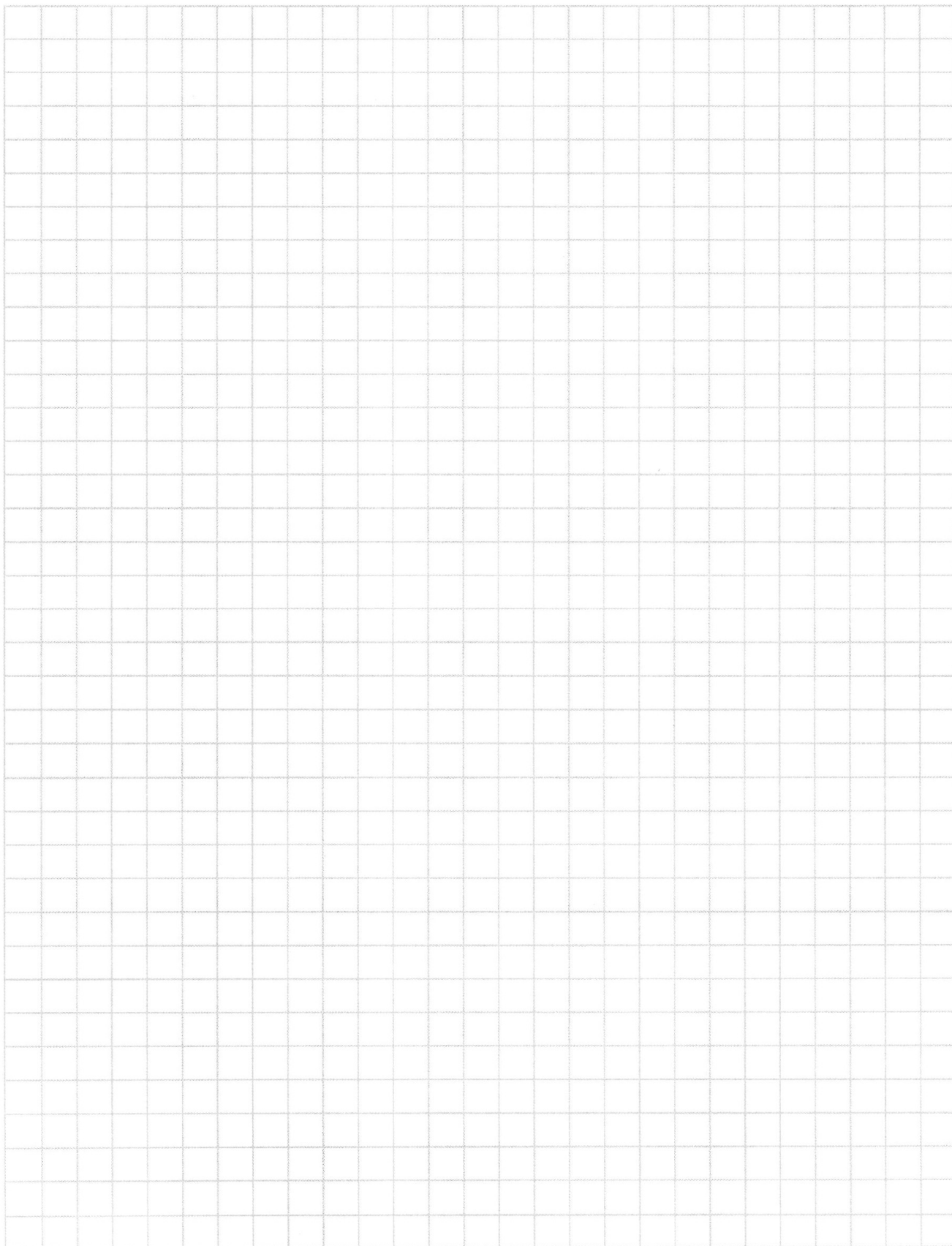
5
☐

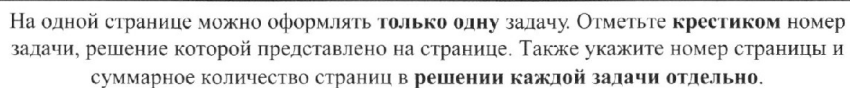
6
☐

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!





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
☐

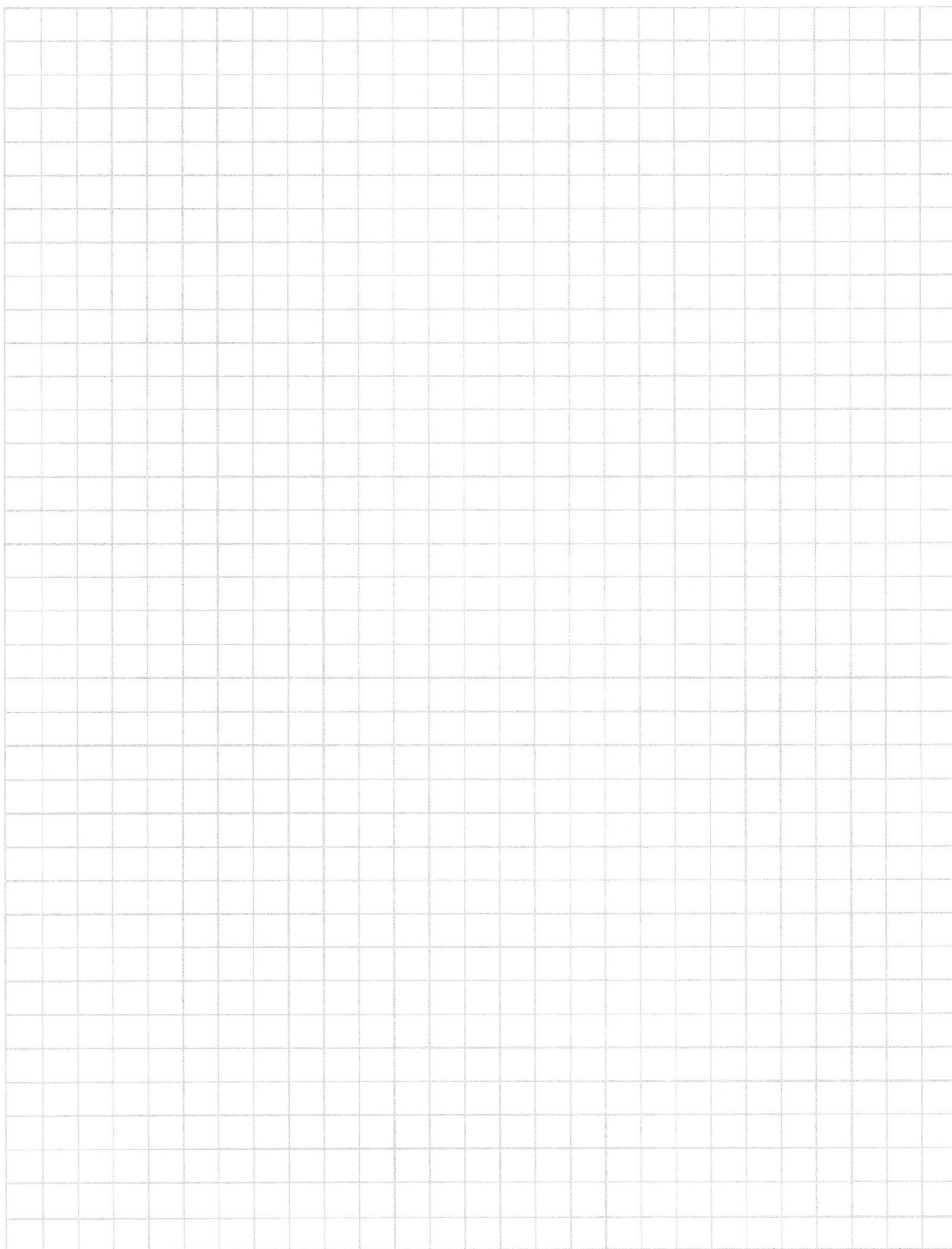
5
☐

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!

