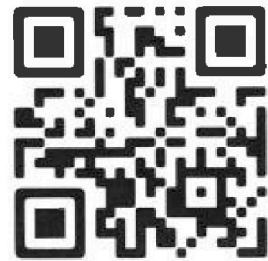


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 09-02



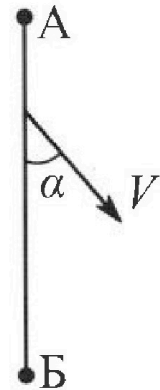
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Аппарат всегда летит по прямой. Продолжительность полета аппарата по маршруту  $A \rightarrow B \rightarrow A$  в безветренную погоду составляет  $T_0=200$  с. Расстояние  $AB$  равно  $S=2$  км.

1. Найдите скорость  $U$  аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью  $V = 15$  м/с под углом  $\alpha$  к прямой  $AB$  (см. рис.),  $\sin \alpha = 0,8$ .

2. Найдите продолжительность  $T_1$  полета по маршруту  $A \rightarrow B$  в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна  $U$ .
3. При каком значении угла  $\alpha$  продолжительность полета по маршруту  $A \rightarrow B \rightarrow A$  минимальная?
4. Найдите минимальную продолжительность  $T_{MIN}$  полета по маршруту  $A \rightarrow B \rightarrow A$ .

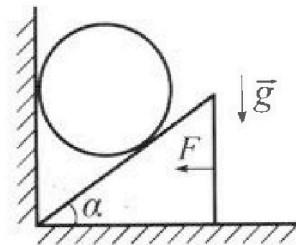


2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через  $t_1 = 0,5$  с и  $t_2 = 1,5$  с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости мяча повернулся на угол  $2\beta = 90^\circ$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1. Найдите продолжительность  $T$  полета от старта до подъема на максимальную высоту.
2. Найдите дальность  $L$  полета от старта до падения на площадку.
3. Найдите радиус  $R$  кривизны траектории в малой окрестности высшей точки.

3. Клин с углом  $\alpha$  при вершине находится на горизонтальной поверхности (см. рис.). На наклонной плоскости клина покоится однородный шар, касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны  $m=0,4$  кг. Трения нет. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Систему удерживают в покое горизонтальной силой  $F = \sqrt{3}mg$ .



1. Найдите угол  $\alpha$ , который наклонная плоскость клина образует с горизонтальной поверхностью.

Силу  $F$  снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на  $H$  шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью. Перемещение шара после соударения до первой остановки равно  $h=0,15$  м.

2. Найдите перемещение  $H$  шара до соударения.
3. Найдите силу  $N_1$ , с которой вертикальная стенка действует на шар в процессе разгона клина.
4. При каком значении угла  $\alpha$  сила  $N_1$  максимальная по величине?
5. Найдите максимальную величину  $N_{MAX}$  этой силы.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 09-02

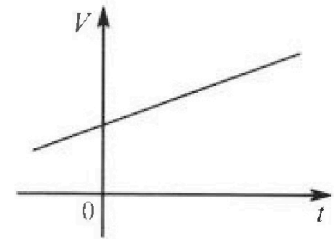


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Для контроля температуры воды в лечебной ванне используют спиртовой термометр. На шкале такого термометра расстояние между отметками  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  и  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$  равно  $L=100$  мм. В термометре находится  $m=0,04$  г спирта.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем спирта увеличивается по линейному закону. График зависимости объема  $V$  спирта от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$  объем спирта в  $\beta = 1,12$  раза больше объема спирта при  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Плотность спирта при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  считайте равной  $\rho = 0,8$  г/см<sup>3</sup>. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

1. Следуя представленным опытными данным, запишите формулу зависимости объема  $V(t)$  спирта от температуры  $t$ , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины:  $m, \rho, \beta, t_0, t_{100}, t$ .



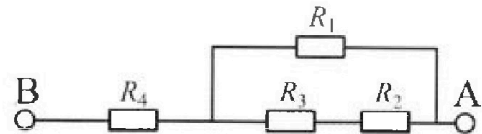
Температура воды, поступающей в ванну от природного геотермального источника, равна  $t_1 = 50^\circ\text{C}$ .

2. Найдите убыль  $|\Delta V|$  объема спирта при уменьшении температуры воды от  $t_1 = 50^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ . В ответе приведите формулу и число в мм<sup>3</sup>.
3. Найдите площадь  $S$  поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм<sup>2</sup>.

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов  $R_1 = 1,2r, R_2 = 2r, R_3 = 4r, R_4 = r$ , здесь  $r = 5$  Ом.

1. Найдите эквивалентное сопротивление  $R_{\text{ЭКВ}}$  цепи.

Контакты А и В подключают к источнику постоянного тока  $I = 4$  А.



2. Найдите мощность  $P$ , которая рассеивается на всей цепи.
3. На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность  $P_{\text{MIN}}$ .



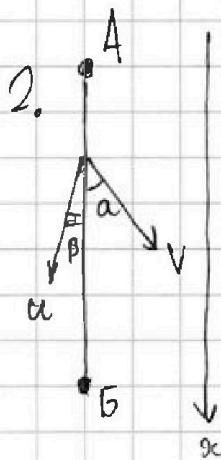
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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. При полёте в спокойном воздухе происходит равномерное движение, таким образом  $2S = T_0 \cdot U \Rightarrow$   
 $\Rightarrow U = \frac{2S}{T_0} = \frac{4000 \text{ м}}{200 \text{ с}} = \boxed{20 \text{ м/с}}$



2. Заметим, что при полёте в ветренную погоду аппарат также не должен отклоняться от траектории AB (т.к. не может менять направление своей скорости - летит всегда по прямой). Тогда  $U \cdot \sin \beta = V \cdot \sin \alpha$

$\Rightarrow \sin \beta = \frac{V \sin \alpha}{U} = 0.6$ . Найдём итоговую скорость аппарата вдоль траектории:  $v_{\text{сч}} = V \cos \alpha + U \cos \beta$ .

$\sin \alpha = 0.8 \Rightarrow \cos \alpha = 0.6$  ( $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$ );  $\sin \beta = 0.6 \Rightarrow$

$\Rightarrow \cos \beta = 0.8$  ( $\cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1$ )  $\Rightarrow v_{\text{сч}} = 25 \text{ м/с}$ .

$T_1 \cdot v_{\text{сч}} = S \Rightarrow \boxed{T_1 = \frac{S}{v_{\text{сч}}} = \frac{2000 \text{ м}}{25 \text{ м/с}} = 80 \text{ с}}$

3. Пусть минимальная продолжительность полёта

-  $T_{\min}$ , тогда  $T_{\min} = \frac{S}{V \cos \alpha + U \cos \beta} + \frac{S}{U \cos \beta - V \cos \alpha} = \frac{2SU \cos \beta}{U^2 \cos^2 \beta - V^2 \cos^2 \alpha}$   
 $= \frac{2SU \cos \beta}{U^2 (1 - \sin^2 \beta) - V^2 \cos^2 \alpha} = \frac{2SU \cos \beta}{U^2 - V^2} \Rightarrow \min \Rightarrow \sin \beta \rightarrow \max \Rightarrow$





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 82

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!

$$\sin \beta = \frac{3}{4} = 7 \boxed{a = 90^\circ} = 7 \cos \beta = \sqrt{\frac{7}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$4. T_{\min} = \frac{2SU \cos \beta}{u^2 - v^2} = \frac{4000 \text{ м} \cdot 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{(400 - 225) \text{ м}^2/\text{с}^2} = \frac{800\sqrt{7}}{7} \text{ сек} = \frac{800}{\sqrt{7}} \text{ сек}$$

Ответ:  $u = 20 \text{ м/с}$ ;  $T_1 = 80 \text{ сек}$ ;  $a = 90^\circ$ ;  $T_{\min} = \frac{800}{\sqrt{7}} \text{ сек}$ .





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
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА  
12 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!

нормального ускорения  $g$  направлена перпендикулярно скорости)  $\Rightarrow R = \frac{v^2}{g} = 2.5 \text{ м}$

Ответ:  $T = 1 \text{ с}$ ;  $L = 10 \text{ м}$ ;  $R = 2.5 \text{ м}$ .

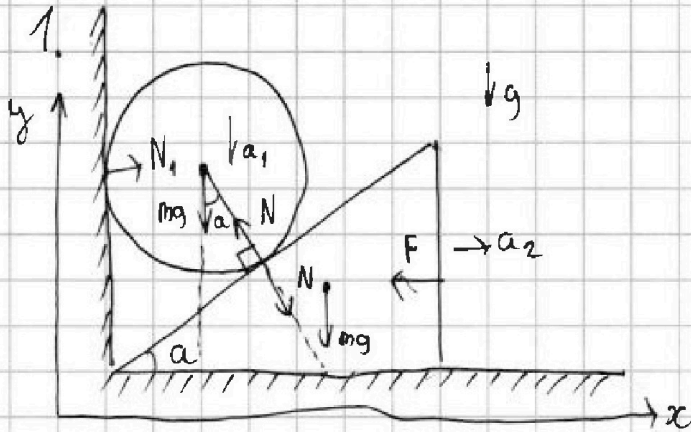
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



Равновесие для шара  
по оси  $y$ :

$$mg = N \cos \alpha = 7N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

Равновесие для клина по оси  $x$ ;  $F = N \cos(90 - \alpha) = 7N = \frac{F}{\sin \alpha}$

$$\Rightarrow \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{F}{\sin \alpha} = 7 \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{\sin \alpha} = 7 \sin \alpha = \sqrt{3} \cos \alpha = 7 \boxed{\alpha = 60^\circ}$$

2. Первая остановка произошла при достижении максимальной высоты после отскока. Заметим, что кинетическая энергия шара при начальном положении и при первой остановке после отскока была одинаковой и равнялась 0, т.к. скорость шар в оба момента 0.

Тогда, т.к. шар не теряет энергию при соударении и движении, потенциальная энергия также равна в обоих случаях:  $mgh = mgH = 7 \boxed{h = H = 0.15 \text{ м}}$ .

3. Запишем равновесие шара на ось  $x$ :  $\boxed{N_1 = N \sin \alpha}$



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  
12 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!

$$4. N_1 = N \sin \alpha = \cancel{mg} \cancel{\sin \alpha} = mg \sin \alpha \cos \alpha = \boxed{\frac{mg \sin 2\alpha}{2} - \text{max} = 7\alpha = 45^\circ}$$

3. Возьмем  $\overline{II}$  3-й для кинки на ось  $x$  и шара на ось  $y$ :

$$ma_2 = N \sin \alpha$$

$$ma_1 = mg - N \cos \alpha$$

$$a_2 = a_1 \tan \alpha$$

$$\left. \begin{array}{l} N \sin \alpha \\ \tan \alpha \end{array} \right\} > mg - N \cos \alpha = 7mg = 2N \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow 7N \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = mg - N \cos \alpha = 7N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$5. \boxed{N_{\max} \frac{mg \sin(45.2)}{2} = \frac{mg}{2}}$$

Ответ:  $\alpha = 60^\circ$ ;  $\mu = 0.15$ ;  $N_1 = mg \sin \alpha \cos \alpha$ ;  $\alpha = 45^\circ$ ;  $N_{\max} = \frac{mg}{2}$ .





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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
7 из 81

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.  $V(t) = m p \beta \cdot \frac{(t - t_0)}{t_{100}}$   ~~$V(t) = m p$~~   
объем при  $t_{100}$

$$V(t) = \frac{m}{p} \cdot \left( (\beta - 1) \cdot \frac{(t - t_0)}{t_{100}} + 1 \right)$$

объем при  $t_0$       необходимый коэффициент

$$2. V(50^\circ\text{C}) = \frac{m}{p} \cdot \left( (1.12 - 1) \cdot \frac{50 - 0}{100} + 1 \right) = 50 \text{ мм}^3 \cdot 1.06 = 53 \text{ мм}^3$$

$$V(40^\circ\text{C}) = \frac{m}{p} \cdot \left( (1.12 - 1) \cdot \frac{40 - 0}{100} + 1 \right) = 50 \text{ мм}^3 \cdot 1.048 = 52.4 \text{ мм}^3$$

$$\Delta V = \frac{m}{p} \cdot (\beta - 1) \cdot \frac{t_1 - t_2}{t_{100}} = 0.6 \text{ мм}^3$$

$$3. \frac{m}{p} \cdot (\beta - 1) \cdot \frac{t_{100} - t_0}{t_{100}} = S L = 7 \quad \left[ S = \frac{m(\beta - 1)}{p L} = \frac{3}{50} \text{ мм}^2 \right]$$

Ответ:  $V(t) = \dots$ ;  $\Delta V = 0.6 \text{ мм}^3$ ;  $S = \frac{3}{50} \text{ мм}^2$

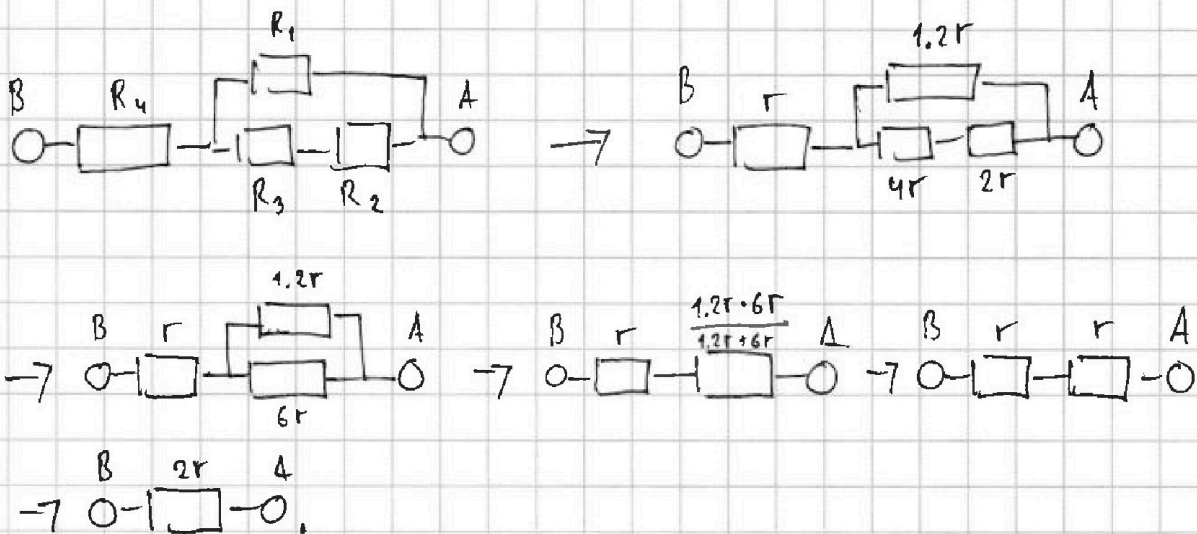


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
81 из 81

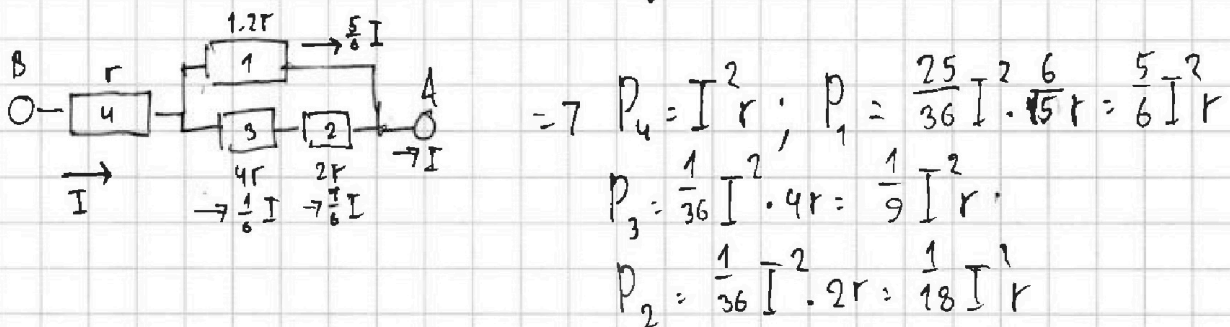
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



1. Таким образом,  $R_{\text{экв}} = 2r = 10 \text{ Ом}$

2.  $P = I^2 R_{\text{экв}} = 160 \text{ Вт}$

3. Расставим ток на всей цепи:



Следовательно,  $P_{\text{min}} = P_2 = \frac{1}{18} I^2 r = \frac{80}{18} \text{ Вт}$

Ответ:  $R_{\text{экв}} = 10 \text{ Ом}$ ;  $P = 160 \text{ Вт}$ ;  $P_{\text{min}} = \frac{40}{9} \text{ Вт}$





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!

Нарисуем векторный треугольник скоростей:



1. Таким образом достигение максимальной высоты произошло через  $\frac{t_2 - t_1}{2}$  после момента времени  $t_1$ ,  $\Rightarrow$

$$T = \frac{t_1 + t_2}{2} = 1 \text{ с}$$

2. Весь полёт длится  $2T$ , при этом горизонтальная компонента скорости в любой момент времени была равна  $v(H_{\max}) = \frac{g(t_2 - t_1)}{2} = 5 \text{ м/с}$  (т.к. гравитация воздействует лишь на вертикальную составляющую, сила сопротивления воздуха отсутствует)

$$L = v_2 \cdot 2T = \frac{2g(t_2 - t_1)T}{2} = 10 \text{ м}$$

3. Ускорение мяча в высшей точке  $g = \frac{v_2^2}{R}$  (формула



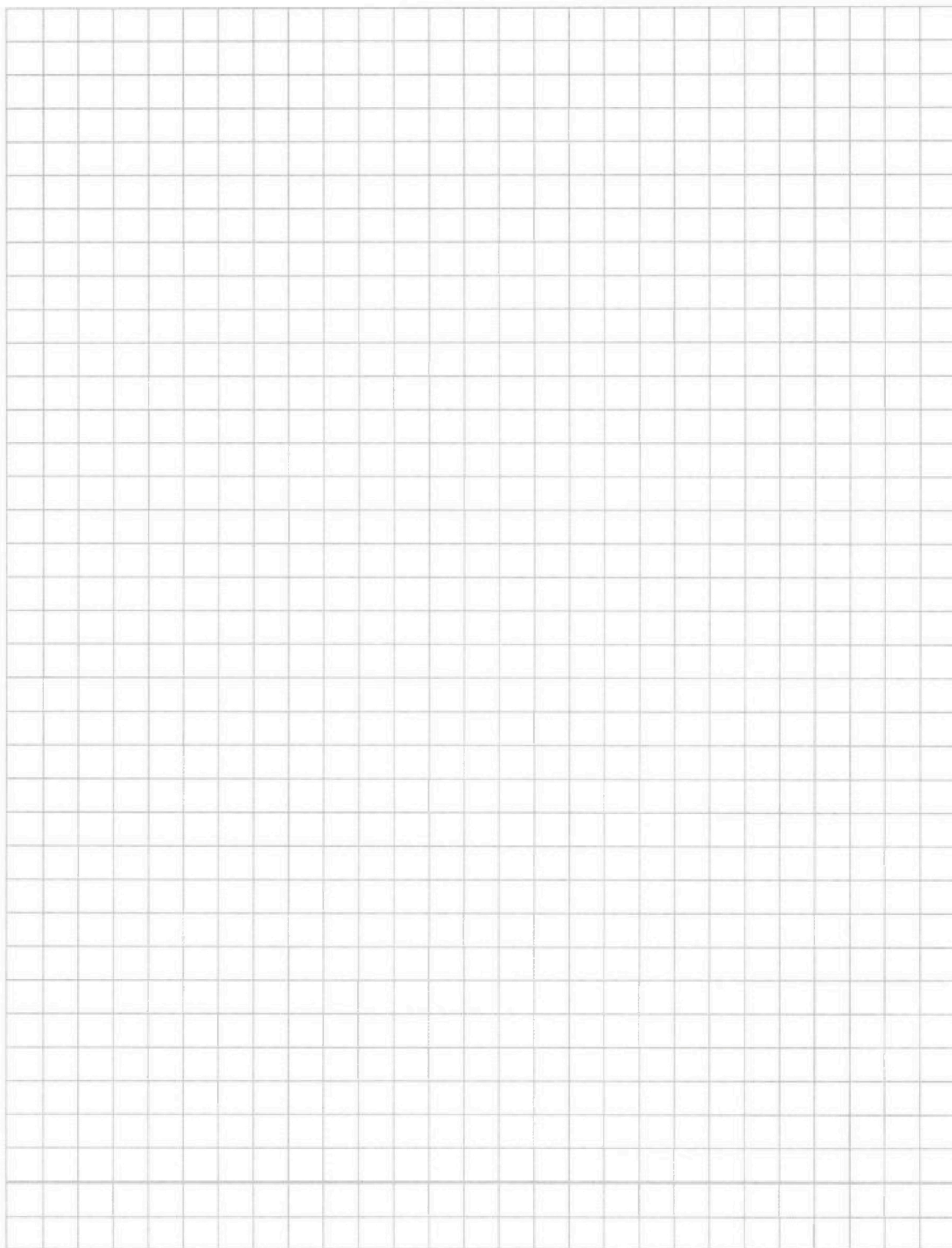


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!

