



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 10-02**

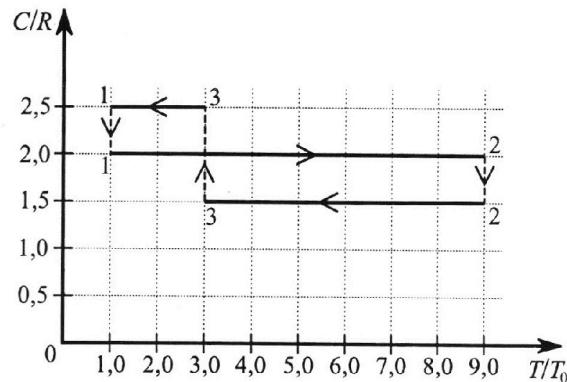
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

- 4.** Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $\nu = 3$  моль однотипного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 270\text{ K}$ .

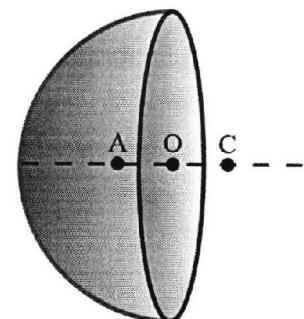
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

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



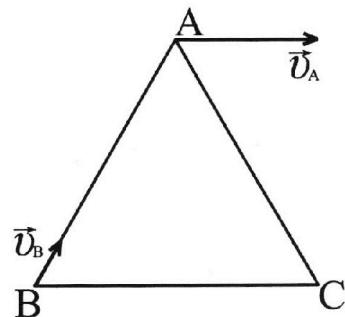
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**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  $v_A = 0,8 \text{ м/с}$ , а скорость  $\vec{v}_B$  вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника  $a = 0,4 \text{ м}$ .



1. Найдите модуль  $v_B$  скорости вершины B.
2. За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершил четыре оборота?

Пчела массой  $m = 60 \text{ мг}$  прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

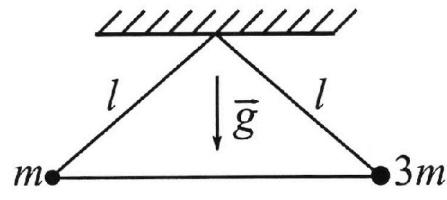
3. Найдите модуль  $R$  равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

**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  $h = 11,2 \text{ м}$  фейерверк летел со скоростью  $V = 4 \text{ м/с}$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте  $H$  фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью  $V_0 = 16 \text{ м/с}$ . 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  $m = 80 \text{ г}$  и  $3m$  подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины  $l$ , прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины  $L = 1,2l$ . Системудерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол  $\alpha$  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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .
3. Найдите модуль  $T$  упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



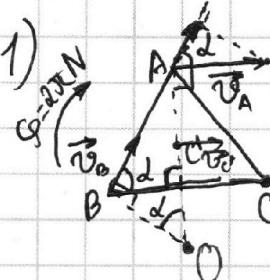
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\begin{array}{|l} \hline v_A = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ a = 0,4 \text{ м} \\ \hline v_0 - ? \\ \tau - ? \\ \hline m = 60 \text{ кг} \\ R - ? \\ \hline \end{array}$$

1) 

$\vec{v}_A$   $\vec{v}_B$   $\vec{v}_C$

$\alpha = 60^\circ$

Отрезок  $AB$  перекатывается  $\Rightarrow v_B = v_A \cos \alpha$

$v_B = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . 2) Находим т. О-МиС  $\Rightarrow$

Отрезки  $OA$  и  $OA'$  - приямые  $\Rightarrow$

$\Rightarrow AO = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{0,8}{\sqrt{3}} \text{ м}$ .  $C'$  - ц. м.  $\Rightarrow \frac{v_{c'}}{CO} = \frac{v_A}{AO}$ ;  $CO = AO - \frac{a}{\sqrt{3}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{v_{c'} \cdot \sqrt{3} \text{ м}}{0,4 \text{ м}} = \frac{0,8 \cdot \sqrt{3} \text{ м}}{0,8 \text{ с} \cdot \text{м}} \Rightarrow v_{c'} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Переходит в CO ц. м. Она инерциальная  $\Rightarrow v_c = \text{const} \Rightarrow v_{A01nc'} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow \omega_{01nc'} = \frac{v_{A01nc'}}{AC'} = \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3}}{0,4 \text{ м}} = \sqrt{3} \text{ с}^{-1}$

$\omega_{01nc'} \cdot \tau = 4 \cdot 2\pi \Rightarrow \tau = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{8\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с}$

3) Движение тела мы можем представить как суперпозицию постоянной равной скорости поступательного движения со скоростью  $v_c$  и и вращательного (из центра)

Со скоростью  $v_{c01nc'} = v_{A01nc'} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  относительно ц. м. Наиболее (последний)  $R = ma \downarrow$ ;  $a_{nr} = \frac{v_{c01nc'}^2 / \sqrt{3}}{0,4 \text{ м}^2} \Rightarrow R = \frac{0,4^2 \text{ м}^2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10^{-5} \text{ кн}}{0,4^2 \text{ м}^2} = 2,4\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н} =$

$= 24\sqrt{3} \text{ мкН}$

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

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!

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

$$h = 11,2 \text{ м}$$

$$V = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

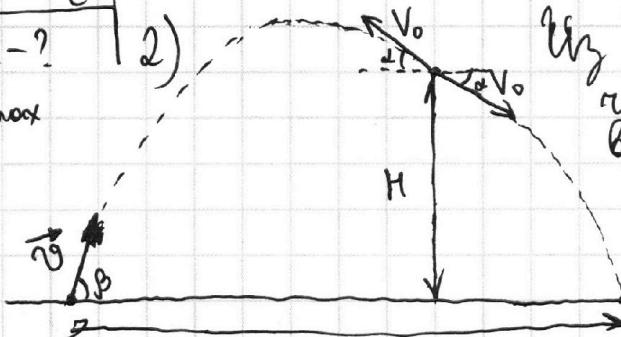
$$\frac{mV^2}{2} + mgh = mgH \Rightarrow H = \frac{V^2}{2g} + h$$

$$H = \frac{16^2}{2 \cdot 10} + 11,2 \text{ м} = 20 \text{ м}$$

1) Стало, что фейерверк разрывается на максимальной высоте, а его скорость до разрыва направлена вертикально  $\Rightarrow$  ЗСЭ:

$$H - ?$$

$$L_{\max}$$



Из условия сохранения импульса следует, что скорости осколков равны и противоположно направлены.

Нетрудно заметить, что т.к. скорости противоположно направлены, то объединение траекторий осколков образует единую парabolу.

Балу. Этую парabolу можно задать так: скажем, что тело брошено под углом  $\beta$  к горизонту и со скоростью  $V$ . Пусть её траектория — наша парабола. Выпишем кинематику:  $v \cos \beta = V_0 \cos \alpha$ . ЗСЭ:

$$v^2 = 2gH + V_0^2$$

$$L_{\max} = \frac{2v \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{v \sin 2\beta}{g}$$

(т.к.  $v$  никак не зависит от  $\alpha$ )

$$L_{\max} = \frac{v \sin 2\beta}{g} \rightarrow \max \Rightarrow \sin 2\beta = 1 \Rightarrow \beta = 45^\circ$$

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

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

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

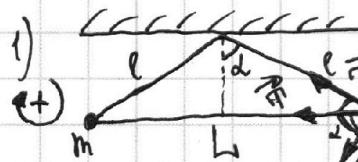
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!

$$\begin{aligned} m &= 802 \\ l, L_1 &= 1,2l \\ \angle &-? \\ a_2 &-? \\ T &-? \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$



1) В начальный момент времени отсутствует центростремительное ускорение, т.к. скорость равна нулю  $\Rightarrow$  есть только тангенциальное ускорение, которое периодически отрезку, соединяющему точку крепления и сам груз массой 3m. Из геометрии  $\sin \alpha = \frac{l}{2l} = 0,6$

2) Рассмотрим движение относительно точки подвеса. Т.к.

линией нерастяжимы  $\Rightarrow l = \text{const}$ . Рассмотрим основное уравнение динамики рамы. движение: внешние силы - только сила тяжести, сила реакции подвеса. момент на создает  $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} \Rightarrow 3mg l \sin \alpha - mg l \sin \alpha = \bar{E}; \bar{E} = ml^2 + 3ml^2 = 4ml^2; E = \frac{a_2}{l} \Rightarrow \\ \Rightarrow 2mg l \sin \alpha = 4ml^2 \cdot \frac{a_2}{l} \Rightarrow a_2 = \frac{g \sin \alpha}{2} \quad a_2 = 0,3g = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8 \end{aligned}$$

3) В начальный момент времени  $a_{y_2}$  равно нулю  $\Rightarrow T_u + T \sin \alpha - 3mg \cos \alpha = 0$ ;  $T \cos \alpha + 3mg \sin \alpha = 3ma_2 \Rightarrow T = \frac{3(ma_2 - mg \sin \alpha)}{\cos \alpha}$

$$T = \frac{3mg \sin \alpha}{2 \cos \alpha}, \text{ знак минус означает, что мы не угадали с направлением } T \Rightarrow T = \frac{38 \sin 1,2}{2 \cos 1,2} \quad T = \frac{3 \cdot 80 \cdot 0,8^3 \cdot 10 \cdot 10 \text{Н} \cdot \text{с}^2}{10 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 0,6^2 \cdot 10^3} = 0,9 \text{ Н}$$

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

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**.



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

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!

$\nu = 3 \text{ моль}$   
 $T_0 = 270 \text{ K}$

1) У однотатомного газа  $C_V = 1,5R$ ;  $C_P = 2,5R$ ;  $C_{P,V} = 2R$ .

$A_1 - ?$

$H - ?$

$N = 15$

$M = 250 \text{ г/моль}$

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$

$\eta = 0,5$

$\Rightarrow V_3 = 3V_0$

$\Rightarrow p_3 = 3p_0$

$\Rightarrow p_3 V_3 = p_0 V_0$

$\Rightarrow p_3 = p_0$

Воспользуемся 3-им законом Клапейрона-Менделеева:  $pV = \gamma RT$ ,  
 $p_0 V_0 = \gamma R T_0 \Rightarrow \frac{p}{p_0} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{\gamma R T}{\gamma R T_0} = \frac{T}{T_0}$ . Используй вышеуказанные фак-

$\frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$

$\Rightarrow \frac{p_3}{p_0} = \frac{V_3}{V_0} = \frac{T_3}{T_0}$

$\Rightarrow \frac{p_9}{p_0} = \frac{V_9}{V_0} = \frac{T_9}{T_0}$

$\Rightarrow \frac{p_3}{p_0} = \frac{V_3}{V_0} = \frac{T_3}{T_0}$

$\Rightarrow \frac{p_9}{p_0} = \frac{V_9}{V_0} = \frac{T_9}{T_0}$

$\Rightarrow V_9 = 3V_0$

$\Rightarrow p_9 = 3p_0$

$\Rightarrow p_9 V_9 = p_0 V_0$

$\Rightarrow p_9 = p_0$

$\Rightarrow V_9 = 3V_0$

$\Rightarrow p_9 = 3p_0$

$\Rightarrow p_9 = p_0$

$\Rightarrow V_9 = 3V_0$

$\Rightarrow p_9 = 3p_0$

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.

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

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!

$k, m, q, Q,$   
 $R, \sqrt{V}$

$V_0 - ?$

$V_c - ?$

1) На больших расстояниях потенциальная энергия взаимодействия заряда и полусфера стремится к нулю. Запишем ЗСЭ:  $\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} + \frac{kqQ}{R}$ , т.к. потенци-

альная энергия взаимодействия зарядов  $= \frac{kq_1q_2}{R}$   $\Rightarrow$  полная

взаимодействия заряда с полусферой равна  $\sum \frac{kq}{R} \cdot \Delta Q = \frac{kqQ}{R}$

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

2) Пусть полная энергия взаимодействия заряда с полусферой в точке С равна  $E_0$ . (утверждение 1) балльного сокращения относительно полусферы отда-  
лена заряженную полусферу и "добавили" туда же полусферу, но уже с зарядом  $-Q$ . Физически ничего не изменилось, так что

взаимодействие заряда с новой системой не изменилось. Распишем теперь полную энергию взаимодействия заряда с полусферами с зарядом  $2Q$ . Потенциал, создаваемый сферой внутри себя равен  $\frac{kQ_{\text{сф}}}{r}$   $\Rightarrow$

$$\Rightarrow E_{\text{сф}} = \frac{kq \cdot 2Q}{R}. \text{ Энергия взаимодействия заряда в т. А. с полус-}$$

ферой зарядом  $-Q$  равна, как следует из вышеизложенного,  $-E_0$ . (утверждение 1)

$$\text{ЗСЭ: } \frac{2kqQ}{R} - E_0 = E_0 + \frac{mV_c^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow E_0 = \frac{2kqQ}{R} - \frac{mV^2}{2} \Rightarrow \frac{2kqQ}{R} + \frac{mV_c^2}{2} =$$

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

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**.

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!