



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02



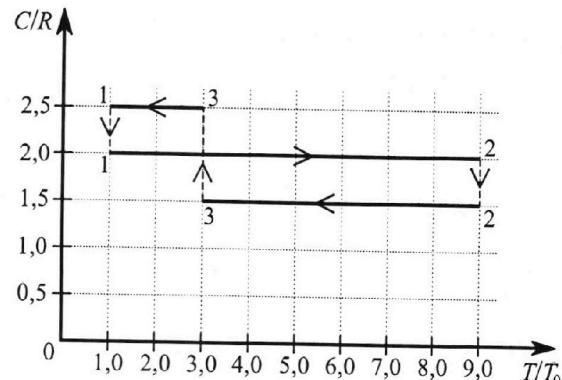
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

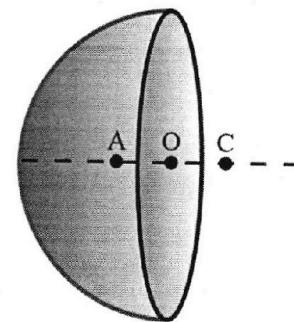
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0 , V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250\text{ kg}$ за $N = 15$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10\text{ m/s}^2$, 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.



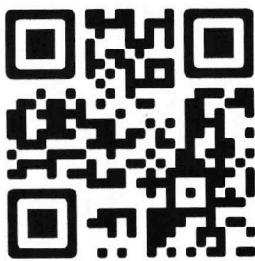
5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на 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.



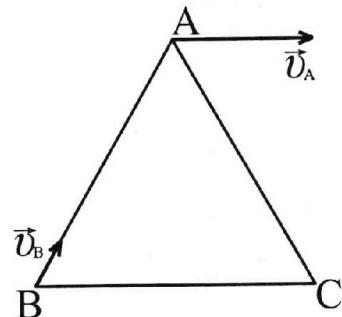
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



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 τ пластина в системе центра масс совершит 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.

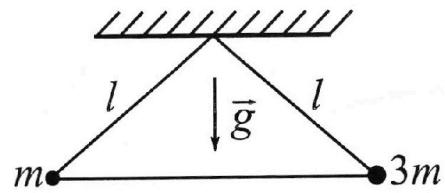
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.

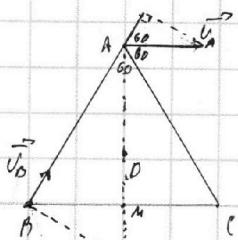


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" 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!



AB нераст-и и несплошн \Rightarrow проекции v_A и v_B на AB равны.

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

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

$$\text{П.к. } v_{A-AB} = v_{B-AB}, \quad v_A = \frac{v_A}{2}; \quad v_B = 0 + \frac{v_A}{2}$$

$AB \perp v_A; \quad BC \perp v_B \Rightarrow$ ц-масс-й центр вращ-я.

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

ЦЕНТР МАСС - ЦЕНТР ABC; A-M-Q АЛ-МЕД РГЛА \Rightarrow O(центр ABC) делит

AM в соот 2/1, считая от Т.А., $\Delta BOQ = \Delta BOM$ (по кнга ост. \angle) $\Rightarrow OM = QM \Rightarrow$

$$\text{Д-р. крп. } AQ, \quad BQ = \frac{a}{\sin 60^\circ} = \frac{2a}{\sqrt{3}} \Rightarrow AO = OQ = \frac{a}{\sqrt{3}} \text{ отн. } O \cdot \omega_0 = \omega_A = \frac{v_A}{R_A} = \frac{v_A}{R_B} \Rightarrow$$

$$v_O = v_A \frac{R_B}{R_A} = \frac{v_A}{2}; \quad \text{ОДРН. } T.O.: \quad v_{AO} = v_A - v_O = \frac{v_A}{2} = 0,9 \frac{m}{s}, \quad \text{относ-но } O \text{ все точки}$$

$$\text{вращ-ая, } \omega = \omega_A = \frac{v_{A-\text{осн}}}{AO} = \frac{v_A \cdot \sqrt{3}}{2a} = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{m}{s}, \quad \text{мущно совершает } n = 9 \text{ обр. } b \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{n \cdot 2\pi}{\omega} = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} s \quad \text{но } \text{мущна не совершает } u. \text{ и не вращает } \text{ движ-е плавно}$$

Сама муща шдит на д.с., $\vec{R} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{g}; \quad m\vec{g} + \vec{N} = 0$ (но Из. Ньютона);

$$a = a_{y.c.} = \frac{v_{y.c.}^2}{R_c} = \frac{v^2}{AO}, \quad \text{П.к. } \text{О-центр } \Delta ABC = \frac{3\sqrt{3}}{0,9} \frac{m}{s^2} = \frac{30\sqrt{3}}{4} \frac{m}{s^2}$$

$$R = m a_{y.c.} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 30\sqrt{3} \cdot 1}{1000 \cdot 1000 \cdot 4 \cdot 0,9^2} = \frac{9\sqrt{3}}{20} \text{ кН}$$

$$\text{Отвт: } v_B = 0,9 \frac{m}{s}; \quad \tau = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} s; \quad R = \frac{9\sqrt{3}}{20} \text{ кН}$$



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"/> 1 | <input checked="" 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 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!

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

$$h = \frac{V_n^2 - V^2}{2g}, \text{где } V - \text{результат - } r$$

$$\left. \begin{array}{l} H = \frac{V_n^2}{2g}, V_n - \text{Число} \\ h = \frac{V_n^2 - V^2}{2g}, \text{где } V - \text{результат - } r \end{array} \right\} H = h + \frac{V^2}{2g} = 11,2m + \frac{49^2}{20}m = 12,04$$

V_n

Нахождение числа для H_{\max} на странице 2.

$$H_{\max} = \frac{2V_0 \cos \alpha \sqrt{2gH_0(V_0^2 - V^2)}}{g} m = \frac{\sqrt{31}}{32} \cdot \frac{32}{10} \cdot \sqrt{240+286 \cdot \frac{1}{32}} m = \frac{\sqrt{31 \cdot 32 \cdot 248}}{10} = \frac{31 \cdot 16}{10} = 49,6 m$$

Ответ: $H=12,4$; $H_{\max} = 49,6 m$

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

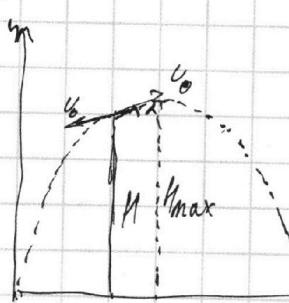
5

6

7

СТРАНИЦА
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!



$$\begin{aligned} &H + U_{\text{max}} - g \frac{L}{2} \\ &\theta = \theta_0 \sin \omega t + \varphi_0 \end{aligned}$$

$$H_{\text{max}} = \frac{19H + U_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g} = \frac{9f^2}{2} \Rightarrow f^2 = \frac{2gH + U_0^2 \sin^2 \theta_0}{g^2}$$

После T.P. б. верхней точке склонки походит, $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$

$$L = 2U_0 \cos \theta_0 \cdot t \approx \frac{2U_0 \cos \theta_0 \cdot (2gH + U_0^2)}{g}$$

$$\cos^2 \theta \cdot [2gH \approx U_0^2(1 - \cos \theta)] \text{ max}$$

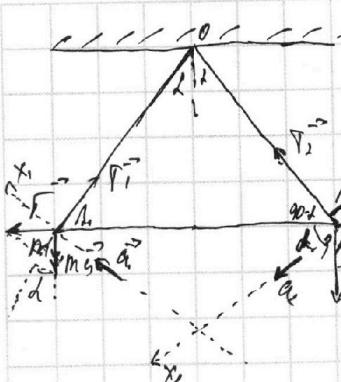
$$\cos^2 \theta (2gH + U_0^2) - U_0^2 (\cos^2 \theta) \text{ max при } \cos^2 \theta = \frac{2gH + U_0^2}{2U_0^2} = \frac{2gH + 256}{512} = \frac{31}{64}$$

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"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" 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!



Сразу после освобождения $V_2 \rightarrow 0 \Rightarrow a_{V2} \rightarrow 0 \Rightarrow$

$$\vec{a}_2 = \vec{a}_1 \Rightarrow g \sin \alpha = \frac{1,2 \cdot l}{2 \cdot l} = 0,6, \text{ т.к. } \vec{a}_2 \perp OA_2$$

0-член вращ.

$$\text{По Ч. Ньютона: } P_2 + T + 3mg = 3ma_2$$

$$W_{A_2} = W_{2,1} \Rightarrow V_1 = V_2 = a_1 = a_2, P_1 + T - mg = ma_2$$

$$l^2 \Rightarrow T = mg - ma_2, \text{ т.к. } V = a_2$$

$$A_2 O: P_2 - T \sin \alpha - 3mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow T = 3P, \\ A_1 O: P_1 - T \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0$$

$$A_2 X_2: 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha = 3ma_2 \quad (1)$$

$$A_1 X_1: T \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma_1 = ma_2 \quad (2)$$

$$(1) + (2): 4mg \sin \alpha - 2T \cos \alpha = 4ma_2 \Rightarrow T = \frac{4g \sin \alpha}{2} = 0,3g = 3 \frac{l}{C^2}$$

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

$$\Rightarrow T = 1,5mg \tan \alpha, \tan \alpha = \frac{0,6l}{\sqrt{4l^2 - 9l^2}} = \frac{3}{4} \Rightarrow T = \frac{1,5 \cdot 0,08 \cdot 10 \cdot 1}{4} = 0,9 N$$

$$\text{Отвт: } \sin \alpha = 0,6, a_2 = 3 \frac{l}{C^2}; T = 0,9 N$$



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!

(Число)

Процесс 1-2 - изотроп-д, $\Delta P = V_1 - V_2$, т.к. $C = 2R$; $P_0V_0 = VR\Gamma_0 \Rightarrow \Delta P_0 = VR\Gamma_0$

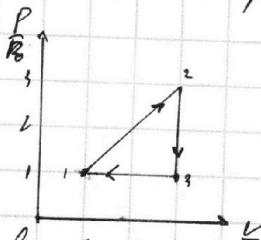
$$\Delta P_2 = VR \cdot g \Gamma_0 \Rightarrow \frac{P_2}{P_0} = \frac{P_0}{\Gamma_0} = 3 \Rightarrow P_2 = 3P_0; V_2 = \Delta P_2 = 2 \cdot 3P_0 = 3V_0$$

Процесс 2-3 - изохорический, т.к. $C = 1,5R \Rightarrow \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow P_3 = \frac{P_2 \cdot 3\Gamma_0}{9\Gamma_0} = \frac{3P_0}{3} = P_0$; $V_3 = V_2 = V_0$

Процесс 3-1 - изобарический, т.к. $C = 2,5R \Rightarrow \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_1 = \frac{V_3 \cdot T_1}{T_3} = \frac{V_0 \cdot T_1}{3\Gamma_0} = V_0; P_1 = P_3 = P_0$

Цикл замкнут \Rightarrow Процесс 1-2 действ-но $\Delta P = V$

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



$A_1 = \text{Графика} \cdot P_0V_0 = 2P_0V_0$; Годур-то мы $P_0V_0 = VR\Gamma_0 = \gamma_0 = 20R\Gamma_0$

$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 \text{ дж} \approx 13,962 \text{ кДж}$

$$V_0 \text{ ЗСД: } E_p = \frac{N \cdot A_1}{2}; E_p = M g H \Rightarrow H = \frac{N \cdot A_1}{2Mg} \approx 40,386,6 \text{ м}$$

Ответ: $A' \approx 13,962 \text{ кДж}$; $H \approx 40,386,6 \text{ м}$

$A' \approx 13,962,2 \text{ кДж}$; $H \approx 40,386,6 \text{ м}$



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!

$$F = \frac{RgQ}{a^2} = Mg \Rightarrow a = \frac{RgQ}{Mg}$$



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!

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 256 \\ \hline 320 \\ 256 \\ \hline 320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,30 + 8,32 \\ \hline 8,64 \end{array} = \frac{48}{64} = \frac{31}{32}$$

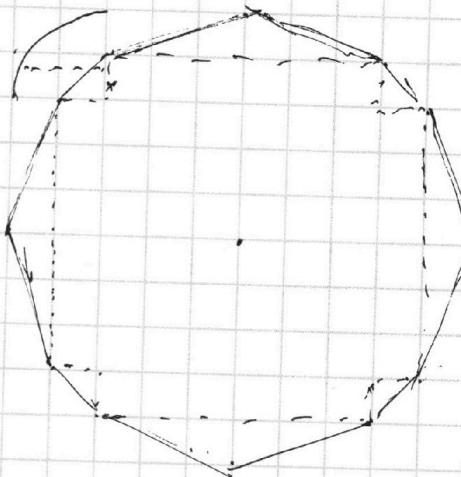
$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 25 \\ \hline 1520 \\ 625 \\ \hline 4986 \\ 8950 \\ \hline 13462,2 \end{array}$$

$$8950 \times \frac{162}{5000} = 13462,2$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 1 \\ \hline 16 \\ 48 \\ \hline 49,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13,46 \\ \times 3 \\ \hline 4038 \end{array}$$

$$\frac{85,0,08}{8} = \frac{85}{80} = 0,94$$



$$S = 3,14 \cdot 15 = 47,1$$

$$S \approx 9 \cdot 19,5$$



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!