

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.



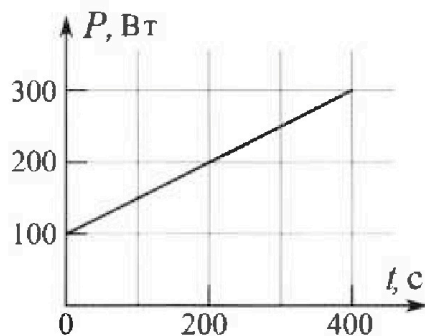
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Через какое время T после начала нагревания температура воды станет равной $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$?

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).

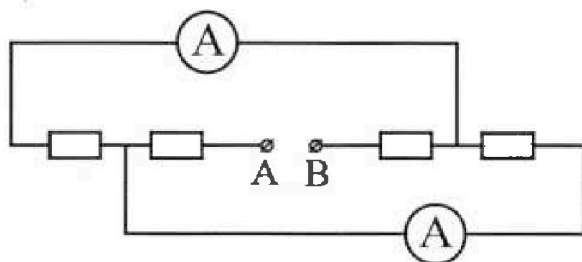


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Найдите напряжение U источника.





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

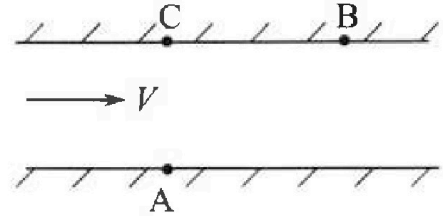
Вариант 09-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 70$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 240$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 192$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 417$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.

- 3) Найдите продолжительность T третьего заплыва.

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м.

Расстояние от точки старта до стенки в 5 раз больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

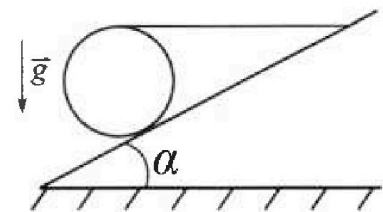
- 1) На какой высоте h происходит соударение мяча со стенкой?
- 2) Найдите продолжительность t_1 полета мяча от старта до соударения со стенкой.

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

- 3) Найдите расстояние d между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоится, стенка движется.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный шар массой $m = 3$ кг удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к шару в его наивысшей точке. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.



- 1) Найдите силу T натяжения нити.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на шар.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Перейдем в С.О. реки. Тогда лодка движется с u (скорость воды) а точки, в которые она приключает сдвигаются на vT_1 и vT_2 соответственно.

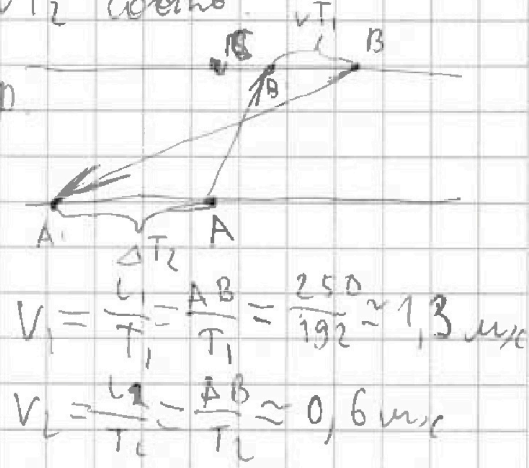
$$L_1 = \sqrt{AC^2 + (BC - vT_1)^2} = uT_1 \quad \text{ис. м. Лип}$$

$$L_2 = \sqrt{AC^2 + (BC + vT_2)^2} = uT_2$$

Вычитая (1) и подставив во (2)

$$AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCvT_2 \cdot T_1^2 + v^2 T_2^2 \cdot T_1^2 =$$

$$= AC^2 T_2^2 + BC^2 T_2^2 - 2BCvT_1 T_2^2 + v^2 T_1^2 T_2^2$$



$$V_1 = \frac{L_1}{T_1} = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} \approx 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{T_2} = \frac{AB}{T_2} \approx 0,6 \text{ м/с}$$

Или из уравн. попутным $V \approx 0,37 \text{ м/с} \approx 0,4 \text{ м/с}$

Подставляя в уравн. попутным $u \approx 0,95 \text{ м/с}$

По м. Лип. попутным $v_3 = \sqrt{u^2 - v^2} \approx 0,9 \text{ м/с}$ и $0,95$

попутным $T \approx \frac{AC}{v_3} \approx 80 \text{ сек}$

Ответ: $V_1 \approx 1,5 \text{ м/с}$ $V_2 \approx 0,6 \text{ м/с}$ $u \approx 0,95 \text{ м/с}$ $T \approx 80 \text{ сек}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

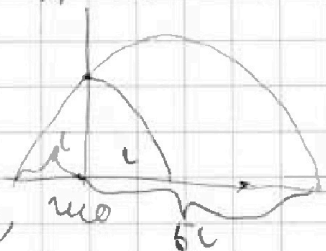
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Прейдем в с.о., которой движется с V_x , где
 V_x - горизонтальная проекция скорости мяча.
Тогда в нижней точке $V = V_y$, а в верхней $V = 0$
тогда $E_{k1} = E_{k2} \Rightarrow \frac{v_y^2}{2} = 0 + \frac{v_x^2}{2}$ $v_y = 18 \text{ м/с}$

$$\text{Время полёта мяча} = \frac{2v_y}{g} = 3,6 \text{ сек}$$



т.к. удар упругий можем сказать, что
весь путь = $6L$, а путь до стены $5L$.

$$V_x - \text{const} \Rightarrow t_{\text{уд.}} = 3,6 \text{ сек} \cdot \frac{5L}{6L} = 3 \text{ сек}$$

$$h = v_y t - \frac{gt^2}{2} = 54 - 45 = 9 \text{ м}$$

В с.о. ~~с V_x~~ $L_x = 0$, но если стенка движется
то V после удара = $2u$, т.к. в с.о. u V_x
 $V = 2u \Rightarrow V$ в с.о. с V_x $V = 4 \text{ м/с}$

$$\text{Время движения} = 3,6 - 3 = 0,6 \text{ сек} = t \quad d = t \cdot V = 2,4 \text{ м}$$

Ответ: $h = 9 \text{ м}$ $t_1 = 3 \text{ сек}$ $d = 2,4 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

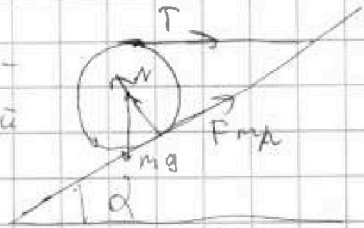
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Запомним, что н.к. поверхности-кас. к шару, то \perp к касательной проходит через центр.



По усл. шар однородный $\Rightarrow F_{\text{max}}$ тоже приложена к центру шара.

Значит эти силы центра шара N и $mg = 0 \Rightarrow$

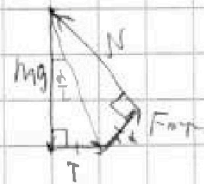
$$M_T = M_{F_{\text{max}}}$$

T и F_{max} на радиусах от центра $\Rightarrow T = F_{\text{max}}$

$$mg = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Н}$$

Из четырехугольника сил получаем,
что $mg = N$

$\sin \alpha = 0,6$ найдем $\cos \alpha = \frac{4}{5}$ найдем $T = 10 \text{ Н}$



найдем и $F_{\text{max}} = 10 \text{ Н}$

$$F_{\text{max}} \leq M \mu \Rightarrow M \geq \frac{F_{\text{max}}}{\mu} \Rightarrow M \geq \frac{1}{3}$$

Ответ: $T = 10 \text{ Н}$ $F_{\text{max}} = 10 \text{ Н}$ $M \geq \frac{1}{3}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$P_H = I^2 R = 5^2 \cdot 20 = 500 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{отгн}} = P \cdot t \leftarrow \text{Средняя мощность } P(t)$$

$$P = 100 + \frac{t^2}{4} \text{ (численно)} \Rightarrow Q = 100t + \frac{t^2}{4}$$

$$Q_{\text{использ}} = V \cdot I \cdot \Delta t \quad \Delta t = t_1 - t_0 \quad Q_{\text{использ}} = P \cdot T - Q_{\text{отгн}}$$

$$V \cdot I \cdot (t_1 - t_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{отгн}}$$

$$2 \cdot 4200 \cdot 11 = 500T - 100T - \frac{T^2}{4} \quad T = \frac{1600 - \sqrt{1600^2 - 33600 \cdot 44}}{2}$$

$$\text{Получаем } T = 280 \text{ сек.}$$

$$\text{Ответ: } P_H = 500 \text{ Вт} \quad T = 280 \text{ сек.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

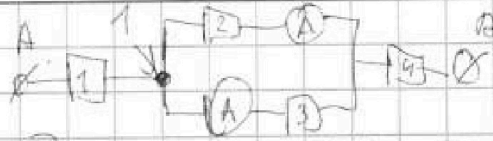
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Перечитаем схему.



Получаем, что так $I_1 \neq I_2$, то $R_2 \neq R_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow R_1 \neq R_4 \Rightarrow R_1 + R_4 = 60 \Omega \quad R_A \neq 0 \Rightarrow R_5 = R_1 + R_4 + \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} = \frac{220}{3} \Omega$$

~~В узле 1 ток разветвляется~~

В узле 1 ток разветвляется ср. пропорц.

$$\text{в частн. числ} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} I_2 \Rightarrow I_2 = 2A$$

$$I_1 + I_2 = I \Rightarrow 3A = \frac{34}{220} U \Rightarrow U = 220B$$

Ответ: $I_2 = 2A$ $U = 220B$



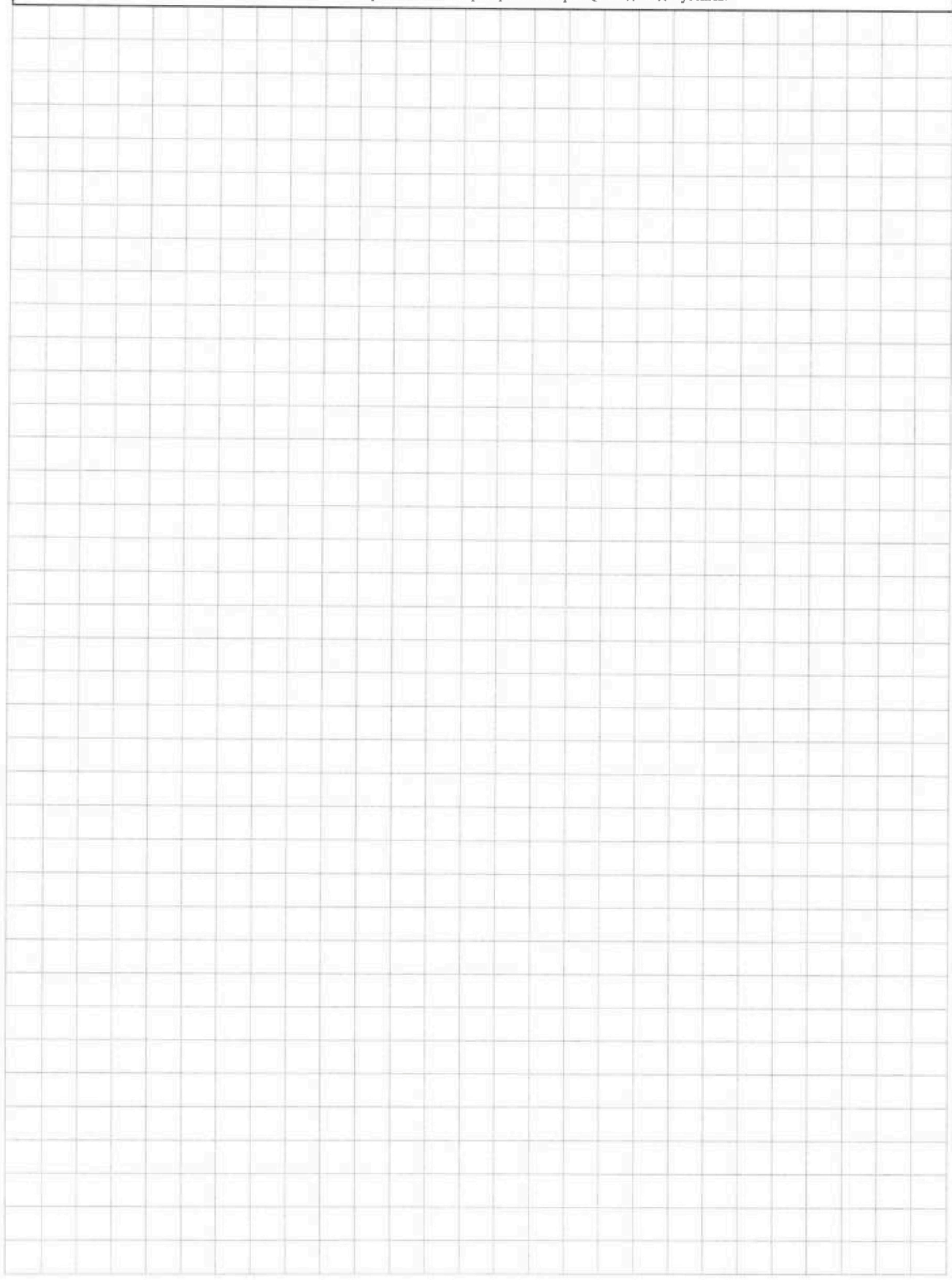
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$20^2 + 190^2 = 35800 \quad \mu \approx 0,94$
 $\sqrt{35800} \approx 189$
 $1 - 0,16 = 0,84$
 $\frac{1 \pm \sqrt{1 + 0,56}}{2}$
 $\frac{1 + 1,23}{2} = 1,115$
 $\frac{1 - 1,23}{2} = -0,115$

$190^2 = 36100$
 $36100 - 35800 = 300$
 $300 \div 190 \approx 1,58$
 $1,58 \div 190 \approx 0,0083$
 $0,0083 \times 190 \approx 1,58$
 $1,58 + 190 = 191,58$
 $191,58^2 \approx 36703$

$v_y^2 = 19^2 = 361$
 $v_y = 19 \text{ m/s}$
 $t = 3,6 \text{ s}$
 $h = v_y t + \frac{gt^2}{2} = 19 \cdot 3,6 + \frac{9,8 \cdot 3,6^2}{2} = 68,4 + 63,6 = 132 \text{ m}$
 $h = 10,8 - 1,8 = 9 \text{ m}$
 $54 - 45 = 9 \text{ m}$

$2 \times (N - v^2) = 0,6$
 $x \sqrt{1 - x^2} = 0,3$
 $x^2 - x^4 = 0,09$
 $x^2 = 1$
 $t^2 - t + 0,09 = 0$
 $t = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 0,36}}{2}$

$T = \dots$
 $Mg = N$
 $2 \sin \alpha \cos \alpha = \sin 2\alpha$

$20 \sqrt{10}$
 $0,3$
 $1,36$

$0,39$
 $0,194$
 $0,85$
 $0,4$
 $0,76$
 $0,8$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

