



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

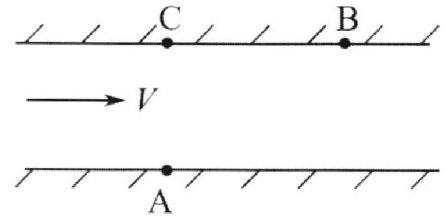
Вариант 09-02

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 $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

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

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

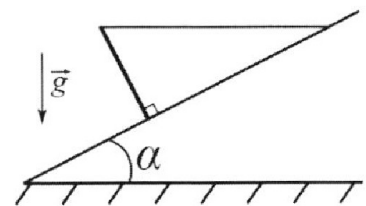
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

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 стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



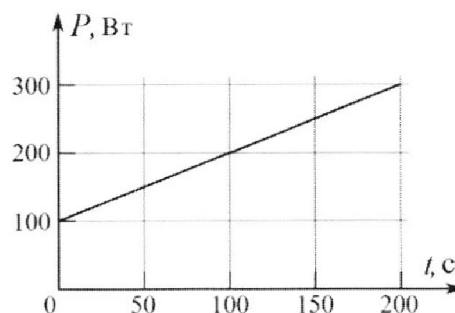
- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

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

4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).



1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

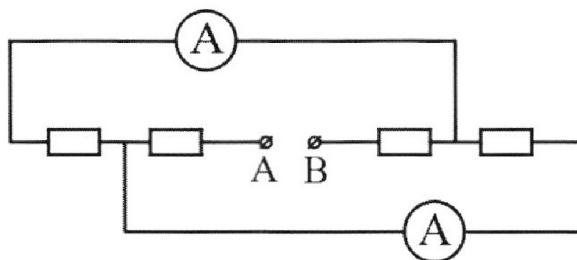
Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$).

5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Больше показание $I_1 = 2$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

№ 1

Страница 10

в первом двух замывом скорость
плавца в лабораторной системе отсчёта
всегда направлена
продольно т.е. в одну сторону
так, как скорость течения всегда направлена
всегда = по модулю направлению и
скорость плавца отн. воды всегда = по модулю
и направлению в направлении АВ

его скорость в первом замыве = $\frac{AB}{100}$,
а во втором $\frac{AB}{240}$

$$AB^2 = AC^2 + CB^2 \quad AB = \sqrt{56^2 + 120^2} = 130 \text{ м}$$

$$V_1 = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad V_2 = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ответ: $1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

разложу скорость плавца на V_{x1} и V_{y1}
в первом замыве V_{x1} и V_{y1}
тогда $V_{AB}^2 = V_{x1}^2 + V_{y1}^2$ тогда, что
его скорость в лад. сист. всегда направлена на АВ

$$\frac{V_{y1}}{V_{x1} + V} = \frac{5}{12} \quad 12 V_{y1} = 5 V_{x1} + 5 V$$

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!

$v_{y1} = \frac{d}{T_1}$ запишу тоже самое для второго затвора

$$v_B^2 = v_{x2}^2 + v_{y2}^2$$

$$12 v_{y2} = 5 v_{x2} + 5V$$

$$v_{y2} = \frac{d}{T_2}$$

$$v_{y1} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2} \text{ м/с}$$

$$v_{y2} = \frac{50}{240} = \frac{5}{24} \text{ м/с}$$

$$6 = 5 v_{x1} + 5V$$

$$2,5 = 5 v_{x2} + 5V$$

$$0,5 - v_{x2} = V$$

~~$$6 = 12 v_{x2} + 5V$$~~

$$6 = 5 v_{x1} + 2,5 - 5 v_{x2}$$

$$5 v_{x2} = 5 v_{x1} - 3,5$$

$$v_{x2} = v_{x1} - 0,7$$

$$v_{x1}^2 + v_{y1}^2 = v_{x2}^2 + v_{y2}^2$$

$$v_{x1}^2 + \frac{1}{4} = v_{x1}^2 - 1,4 v_{x1} + 0,49 + \frac{5}{24}$$

$$1,4 v_{x1} = 0,49 - \frac{1}{4} + \frac{5}{24}$$

$$1,4 v_{x1} = 0,49 + \frac{1}{24}$$

$$v_{x1} = 0,35 + \frac{5}{168} \text{ м/с}$$

$$v_{x2} = \frac{5}{168} - 0,35$$

$$V = 0,15 - \frac{5}{168} \text{ м/с}$$



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!

Ответ: $0,15 - \frac{5}{168} \text{ м/с}$

Страница 12

Заметим, что скорость течения
воды $> \frac{1}{2} V$ поэтому даже одна
прожигая по верт ось в первом зомме
 $> V \Rightarrow$ она может проходить без
сна $\Rightarrow S = CB = 120 \text{ м}$

Ответ 120 м

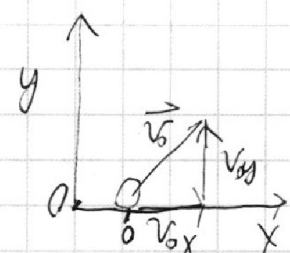
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

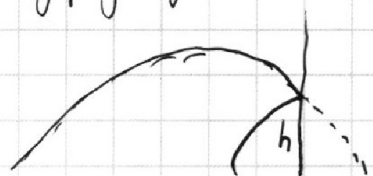
МФТИ

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



v_{0x} - проекция мяча на ось x
 v_{0y} - проекция мяча на ось y

Заметим, что при упругом соударении скорость v_x принимает на противоположную и мяч будет лететь по той же параболе но в другую сторону. Давайте в данной задаче считать, что он не ударился о стенку, а мы



Заметим, что скорость по x постоянная значит когда мяч пролетит $\frac{3}{4}$ расстояния по x (до стенки), то прошло $\frac{3}{4}$ времени до падения

t_k - время до падения y - уик. своб. пад.

Теперь напишем формулу равноук. движ. для точки падения и для точки удара о стену

$$y(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = v_{0y}t_k - \frac{gt_k^2}{2}$$

$$0 = v_{0y} - \frac{gt_k}{2}$$

$$gt_k = 2v_{0y}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

Точка сталкивается со стенкой

$$h = \frac{3}{4} t_k v_{0y} - \frac{g t_k^2 \frac{3}{4}}{2}$$

$$\frac{h}{3} \cdot 4 = t_k v_{0y} - \frac{3 g t_k^2}{8}$$

$$\frac{h \cdot 4}{3} = \frac{54 \cdot 4}{3} = 18 \cdot 4 = 72$$

подставляем v_{0y}

$$72 = \frac{g t_k^2}{2} - \frac{3 g t_k^2}{8} = \frac{g t_k^2}{8}$$

$$g t_k^2 = 72 \cdot 8$$

$$t_k^2 = 72 \cdot \frac{8}{g}$$

$$t_k = \sqrt{72 \cdot \frac{8}{10}}$$

$$72 = \frac{8 \cdot 9}{10}$$

$$t_k = \sqrt{\frac{8 \cdot 3^2}{10^2}} = \frac{8 \cdot 3}{10} = 2,4 \text{ с}$$

Максимальная высота будет на половине времени

$$v_{0y} = \frac{g t_k}{2} = 12 \text{ м/с}$$

$$H = v_{0y} \frac{t_k}{2} - \frac{g t_k^2}{8} = 12 \cdot 1,2 - \frac{10 \cdot 2,4^2}{8} = 14,4 -$$

$$- 3 \cdot 2,4 = 14,4 - 7,2 = 7,2 \text{ м}$$

1) ~~7,2~~ Ответ: 7,2 м

2) t_1 - это $\frac{1}{4} t_k = \frac{2,4}{4} = 0,6 \text{ с}$

Ответ: 0,6 с

3) заметим, что в момент соударения с движущейся стенкой t_1 не изменится так, как скорости стенки влияют только на скорость по x , а от неё зависит только дальность полёта как изменится скорость v_x при ударе

Давайте перейдём в систему отсчёта стенки

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

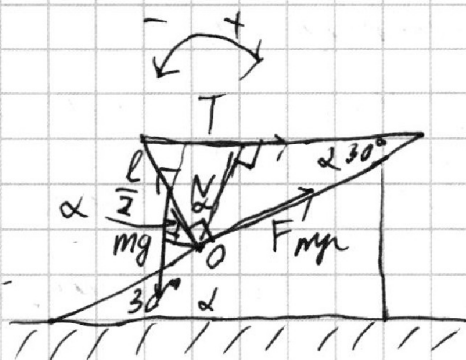
МФТИ

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

тогда скорость v_x увеличится на v
после удара скорость мяча по x направлена
вниз и направлена $\rightarrow$ и станет $= -v_x - v$ теперь после удара
перейдем в систему отсч. земли и считаем
 $v_1 \Rightarrow$ скорость $= -v_x - 2v$
тогда за время t_1 мяч пролетит $\frac{1}{4}$ пути (старую)
и еще $2vt_1$, а с неподвижной ст.
он пролетел только $\frac{1}{4}$ пути $\Rightarrow d = 2vt_1$
 $\frac{d}{1,2} = v \quad v = 1,5 \text{ м/с}$
Ответ: $1,5 \text{ м/с}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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



№ 3

Страница 4

Рассмотрим силы

mg - к центру стержня

T - по нити, N - пер. пов.

F_{mpr} - по касательной к пов.

l - длина стержня

запишем уравнение моментов относительно

точки O

r - плечо mg

d - плечо T

$$-r mg + d T = 0$$

$$r = \sin \alpha \frac{l}{2}$$

$$d = \cos \alpha \frac{l}{2}$$

$$\sin 30 = \frac{1}{2}$$

$$\cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$- \sin \alpha \frac{l}{2} mg + \cos \alpha \frac{l}{2} T = 0$$

$$- \frac{mg \cdot \sin \alpha}{2} = -T \cdot \cos \alpha \quad \checkmark \quad \frac{mg}{2}$$

$$m = \frac{2T}{10} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$17,3 = \frac{m \cdot 10}{2}$$

$$m = 3,46 \text{ кг}$$

$$m = 3,46 \cdot \sqrt{3} = 3,46 \cdot \sqrt{3}$$

ответ: 3,46 кг

ответ: 3,46 · √3

2) запишем уравнение равновесия относительно
середины стержня.

x - плечо T

$$- \frac{l}{2} F_{mpr} + x T = 0$$

$$x = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \frac{l}{2}$$

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!



$$-\frac{l}{2} F_{\text{упр}} + \frac{\cos}{\sin} \alpha \frac{l}{2} T = 0$$

$$F_{\text{упр}} = \frac{\cos}{\sin} \alpha T$$

$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$F_{\text{упр}} = \frac{T}{2} \sqrt{3} = 8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}$$

$$F_{\text{упр}} = \frac{14,3}{2} = 7,15 \text{ Н}$$

Ответ ~~8,65 Н~~ $8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}$

3) сумма проекций на какую-либо ось

равна 0 так, как ^{сдв} стержень находится в равновесии. Запишем ~~проекции~~ это (закон сохранения)

$$\text{вер. ось} \quad \cos \alpha N + \sin \alpha F_{\text{упр}} - mg = 0$$

$$\cos 30^\circ = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} N + \frac{1}{2} F_{\text{упр}} = mg$$

подставим

$$\sqrt{3} N + F_{\text{упр}} = 2mg$$

$$\sqrt{3} N + 8,65 \text{ Н} = 69,3 \text{ Н}$$

$$\sqrt{3} N + 8,65 \cdot \sqrt{3} = 69,3 \cdot \sqrt{3}$$

$$N = 69,3 - 8,65 = 60,65 \text{ Н}$$

$$F < N \mu$$

$$\mu > \frac{F}{N}$$

$$\text{Ответ: } \mu > \frac{8,65 \cdot \sqrt{3}}{60,65}$$

НН

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!



№4

Страница 6

Мощность нагревателя мы можем найти
из формулы $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = 400 \text{ Вт}$
ответ: 400 Вт

Если мы найдём площадь по графикам
 P от t то мы получим сколько энергии
ушло из-за тепло. пот. за это время
давайте найдём площадь по этим графикам
между временами 0с и 180с:

поклон графика я вынесу по точке 0с, 100Вт
и 100с, 200Вт $\Rightarrow \frac{200 - 100}{100 - 0} = 1$

общая площадь состоит из прямоугольника

с сторонами 100Вт на 180с - площадь = 18000 Дж
и треугольника с ~~сторонами~~ катетами = 180с и 100Вт

площадь = $\frac{180 \cdot 180}{2} = 16200 \text{ Дж}$

общая площадь = 18000 + 16200 = 34200 Дж

за это время электронагреватель ~~нагреет~~ выделит

$400 \cdot 180 = 72000 \text{ Дж}$ на нагрев воды пойдёт

$72000 - 34200 = 37800 \text{ Дж} = Q_H$ $t_1 - t_0 = \Delta t$

$Q_H = c \cdot V \cdot \rho \cdot (t_1 - t_0) = 4200 \cdot 0,001 \cdot 1000 \cdot \Delta t$

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

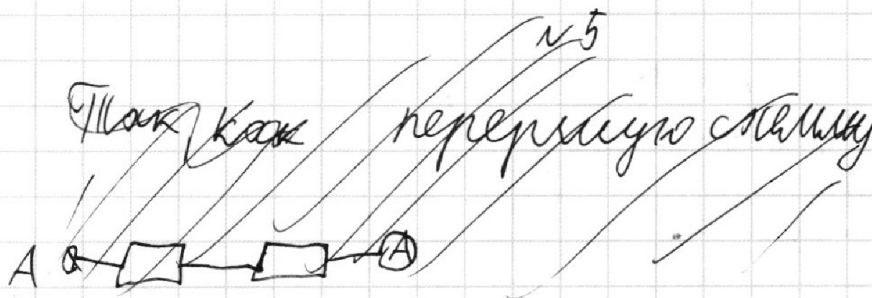
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$38800 = 4200 \cdot \Delta t \quad \Delta t = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$\Downarrow$

$$t_1 = t_0 + 9 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ответ: $25 \text{ } ^\circ\text{C}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

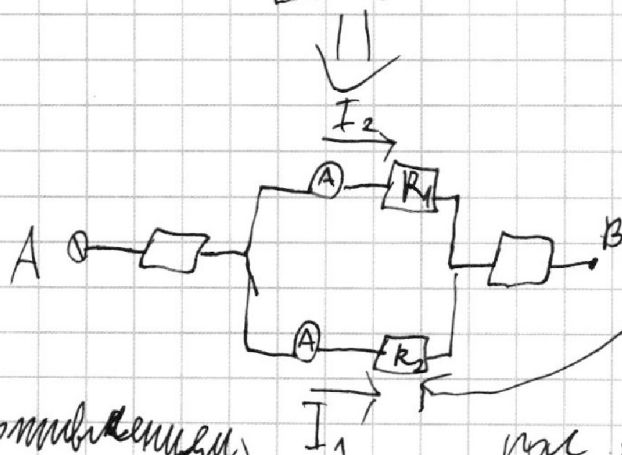
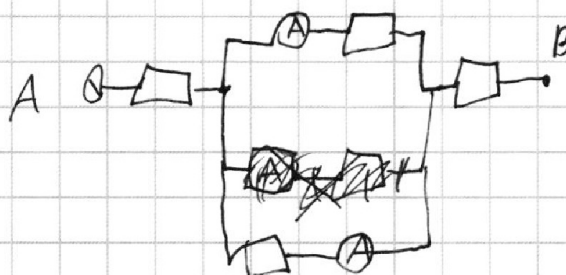
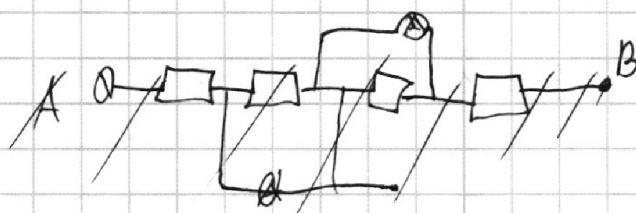
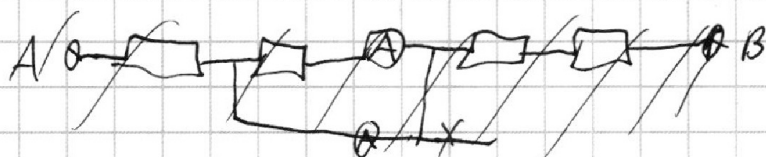
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

Страница 8

№ 5

Перерисую схему



Без оправданий
скажу, что
через эту ветвь
течет ток I_1

(отправил
амперметр в
перекресток)

так амперметры показали
разные значения $\Rightarrow R_1 \neq R_2$
итак, так $I_2 < I_1 \Rightarrow R_2 < R_1 \Rightarrow R_2 = 30 \text{ ohm}$
 $R_1 = 60 \text{ ohm}$



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!

$$I_1 R_2 = R_1 I_2$$

$$2 \cdot 30 = 60 I_2$$

Страница 9
 $I_2 = 1 \text{ A}$

ответ: 1 A

$$2) P = I_{\text{общ}}^2 \cdot R_{\text{общ}}$$

$$I_{\text{общ}} = 1 + 2 = 3 \text{ A} \quad R_{\text{общ}} = 30 + 60 + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = 90 + \frac{60}{3} = 90 + 20 = 110 \text{ Ом}$$

$$P = 9 \cdot 110 = 990 \text{ Вт}$$