



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

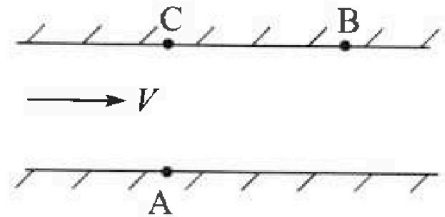
Вариант 09-02

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.

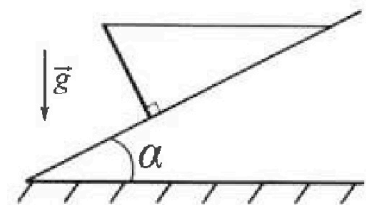
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-02

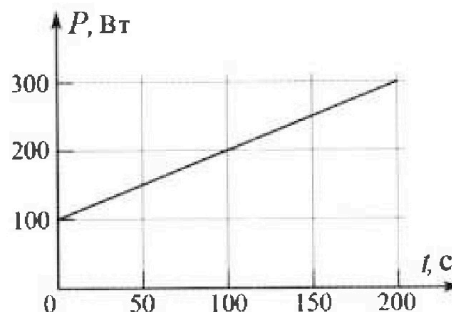
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные  
дроби и радикалы.



4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 16$  °С. 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.

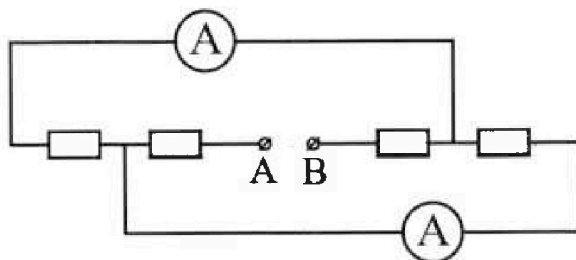
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).



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. Большее показание  $I_1 = 2$  А.

- 1) Найдите показание  $I_2$  второго амперметра.
- 2) Какую мощность  $P$  развивают силы в источнике?



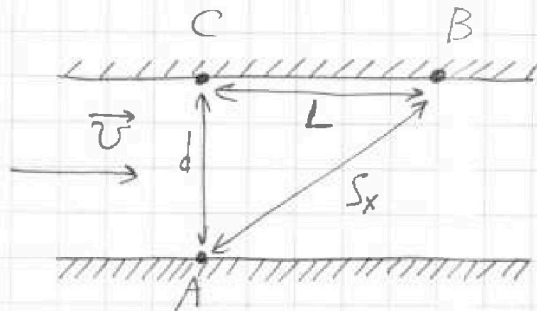
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МОФИ

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



СТРАНИЦА 1

1) Пусть  $S_x$  - путь перемещение лодки из А в В.

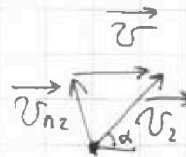
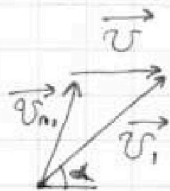
$S_x = AB$ . ABC - прямоугольный треугольник, с катетами  $d$  и  $L$  и гипотенузой  $S_x$ .  $S_x^2 = d^2 + L^2$

$$S_x = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130 \text{ м} \quad S_x = 130 \text{ м}$$

$$v_1 = \frac{S_x}{T_1} \quad v_1 = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \boxed{v_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

$$v_2 = \frac{S_x}{T_2} \quad v_2 = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \boxed{v_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Для нахождения  $v$  (скорость течения реки), составим 2 треугольника скоростей, где 1 и 2 замкнуты соответственно;



$v_n$  - скорость лодки в СД, связанной с водой.

$$|\vec{v}_{n1}| = |\vec{v}_{n2}| = v_n \text{ (по условию)}$$

$\alpha$  - угол между векторами  $\vec{v}_1$  и берегом, угол между векторами  $\vec{v}_2$  и берегом ( $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  сонаправлены, поэтому  $\alpha$  постоянен).

$\vec{v}_{n1}, \vec{v}_{n2}$  - скорости лодки отн. воды в 1 и 2 случае.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

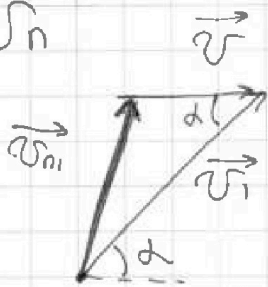
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

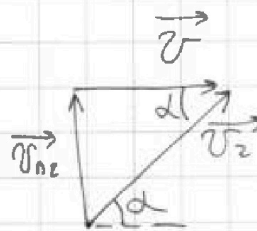
МФТИ

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

$$|\vec{v}_n| = v_n$$



СТРАНИЦА 2



$$|\vec{v}_{n2}| = v_n$$

Угол между  $\vec{v}$  и  $\vec{v}_1$ , а также угол между  $\vec{v}$  и  $\vec{v}_2$  равны, т.к.  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  сонаправлены, а  $\vec{v}$  параллелен берегу.

Составим 2 уравнения движения

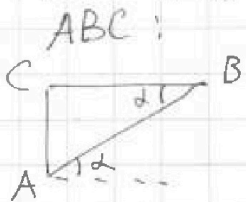
$v_n$  при помощи теоремы косинусов:

$$(1): v_n^2 = v^2 + v_1^2 - 2 \cdot v \cdot v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$(2): v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2 \cdot v \cdot v_2 \cdot \cos \alpha$$

$\alpha$  - угол в треугольнике

составим систему!



$$\cos \alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{120}{130} = \frac{12}{13}$$

$$\begin{cases} v_n^2 = v^2 + v_1^2 - 2 \cdot v \cdot v_1 \cdot \cos \alpha \\ v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2 \cdot v \cdot v_2 \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_n^2 = v^2 + 1,3^2 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} \\ v_n^2 = v^2 + \left(\frac{13}{24}\right)^2 - 2 \cdot v \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{12}{13} \end{cases}$$

подставим значение  $v_1$  и  $v_2$ !

$$\begin{cases} v_n^2 = v^2 + 1,3^2 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} \\ v_n^2 = v^2 + \left(\frac{13}{24}\right)^2 - 2 \cdot v \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{12}{13} \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ + 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

Приравняем 2 уравнения друг к другу:

$$v_n^2 = v_n^2$$

$$v^2 + 1,69 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} = v^2 + \frac{169}{576} - 2 \cdot v \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{12}{13}$$

$$1,69 - 2 \cdot v \cdot \frac{12}{10} = \frac{169}{576} - 2 \cdot v \cdot 0,5$$

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!



СТРАНИЦА 3

$$\frac{99}{x} = 8$$

$$\frac{169}{576}$$

$$\frac{99,9}{100} = \frac{99,7}{800}$$

$$\frac{804,44}{306} > \frac{79,2}{300}$$

$$169 - 2v \cdot 1,2 = \frac{169}{576} - v$$

$$\frac{169}{100} - 2,4v = \frac{169}{576} - v$$

$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576} = -v + 2,4v$$

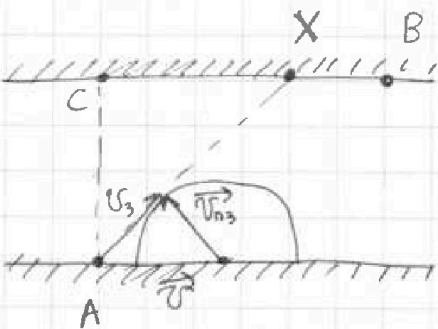
$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576} = 1,4v$$

$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576} = \frac{169 \cdot 973,44}{576} - \frac{169}{576} =$$

$$= \frac{804,44}{576}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 5,76 \\ \hline 1014 \\ 1183 \\ + 845 \\ \hline 973,44 \\ - 169,00 \\ \hline 804,44 \end{array}$$

$$v = \frac{804,44}{806,4} \approx 1 \frac{22}{3}$$



$$1,4v = \frac{804,44}{576}$$

$$v = \frac{804,44}{576} : 1,4 = \frac{804,44}{576} \cdot \frac{1}{1,4}$$

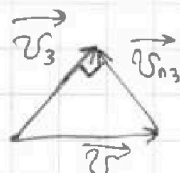
$$v = \frac{804,44}{806,4}$$

$$\begin{array}{r} 3 \ 2 \\ 576 \\ \times 1,4 \\ \hline 2304 \\ + 576 \\ \hline 8064 \end{array}$$

Для того, что бы задать нашими способами, необходимо направить скорость пловца  $\vec{v}_3$  по касательной, к окружности с радиусом  $|\vec{v}_{n3}|$ , исходящей из расставшим  $|\vec{v}|$  от точки A. Получим векторный треугольник:

$$|\vec{v}_{n3}| = v_n$$

$$v_3 = \sqrt{v^2 - v_n^2}$$



$$\vec{v}_3 \perp \vec{v}_{n3}, \text{ т.к.}$$

$\vec{v}_3$  - касательная к

окружности

следует  $|\vec{v}_{n3}| = v_n$ , из ранее полученных уравнений!

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!

СТРАНИЦА 4

$$v = 0,897 \frac{m}{c}$$

$$v \approx 804,44$$

$$\sqrt{v \times 10^8} \quad 806,4$$

$$\begin{array}{r} 804440 \quad 80640 \\ - 725760 \\ \hline 786800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 786800 \quad 53 \\ - 725760 \\ \hline 610400 \end{array}$$

$$725760$$

$$\begin{array}{r} 804440 \\ - 725760 \\ \hline 786800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 786800 \\ - 725760 \\ \hline 610400 \end{array}$$

$$610400 \quad 80640$$

$$\begin{array}{r} 80640 \\ \times 7 \\ \hline 564480 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,5 \quad 0,6 \\ \sqrt{0,25} \quad \sqrt{0,36} \\ 0,5 \quad 0,6 \\ \times 0,5 \\ \hline 3,99 \\ + 2,05 \\ \hline 32,49 \end{array}$$

$$v_n^2 = v^2 + 1,3^2 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13}$$

$$v_n^2 = 1^2 + 1,69 - 2 \cdot 1 \cdot 1,2$$

$$v_n^2 = 1 + 1,69 - 2,4$$

$$v_n^2 = 2,69 - 2,4 = 0,29$$

$$v_n^2 = 0,29$$

$$v_n \approx 0,54 \frac{m}{c}$$

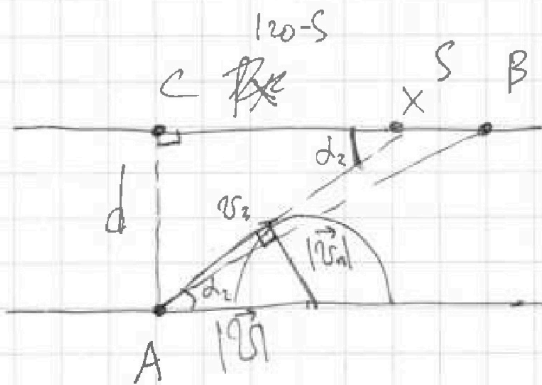
$$v_3 = \sqrt{v^2 - v_n^2} =$$

$$= \sqrt{1 - 0,29} = \sqrt{0,71}$$

$$\sqrt{0,71} \approx 0,84$$

$$v_3 \approx 0,84 \frac{m}{c}$$

$$\frac{54}{84} = \frac{27}{42} = \frac{9 \cdot 3}{14 \cdot 3} = \frac{9}{14}$$



найдем  $\tan \alpha_2$  - тангенс угла  $\alpha_2$  при  $\rightarrow$  законе

$$\tan \alpha_2 = \frac{v_n}{v_3} = \frac{0,54}{0,84}$$

$$= \frac{0,54 \frac{m}{c}}{0,84 \frac{m}{c}} = \frac{9}{14}$$

Из условия  $\rightarrow$  найдем  $\tan \alpha_2 = \frac{d}{120-S}$

найдем  $\cos \alpha_2$  - косинус угла  $\alpha_2$  при законе

$$\cos \alpha_2 = \frac{v_3}{v} = \frac{0,84}{1} = 0,84$$

Из условия  $\rightarrow$  найдем  $\cos \alpha_2 =$

$$\cos \alpha_2 =$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МОТИ

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



страница 5

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 9 \\ \hline 1080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 14 \\ \hline 98 \\ \hline 490 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 380 \overline{) 9} \\ \underline{36} \phantom{0} \\ 20 \\ \underline{-18} \\ 20 \\ \underline{-18} \end{array}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{g}{14}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d}{120 - S}$$

$$\frac{d}{120 - S} = \frac{g}{14}$$

$$14d = g(120 - S)$$

$$700 \mu = 1080 - gS$$

$$gS = 1080 - 700 = 380 \mu$$

$$S = \frac{380 \mu}{g} = 42,2 \mu$$

ОТВЕТ:  $v_1 = 1,3 \frac{\mu}{c}$

$$v_2 = \frac{13}{24} \frac{\mu}{c}$$

$$v \approx 1 \frac{\mu}{c}$$

$$S = 42,2 \mu$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

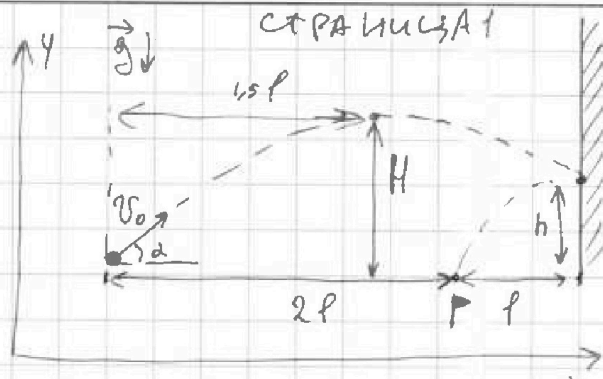
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



2l - расстояние от стены до точки падения  
 l - расстояние от стены до точки падения

$t_n = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$   
 $t_n$  - время полёта

Углы  $\alpha$  - угол, под которым бросили мяч. и угол

Введём координатные оси  $x$  и  $y$ :

$t_n$  - время подъёма  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$   $H = v_0 \sin \alpha t_n - \frac{g t_n^2}{2}$

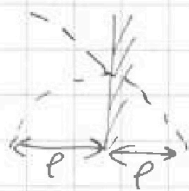
Рассмотрим движение мяча в направлении на оси  $x$  и  $y$ !  
 $t_n$  - всё время полёта

$t_{1x}$  - время полёта до удара о стену  
 $S_x = v_{0x} t + \frac{a_{0x} t^2}{2}$   
 $S_y = v_{0y} t + \frac{a_{0y} t^2}{2}$

$t_1$  - время полёта от стены до удара о землю.  
 $O_x: 3l = v_0 \cos \alpha t_{1x}$   
 $O_y: h = v_0 \sin \alpha t_{1x} - 0,5 g t_{1x}^2$

(м.к. удар абсолютно упругий, после столкновения мяча при падении стены и всё время полёта мяча и от стены и до стены равно)

$O_x: 4l = v_0 \cos \alpha t_2$   
 $O_y: 0 = v_0 \sin \alpha t_2 - 0,5 g t_2^2$   
 $v_0 \sin \alpha t_2 = 0,5 g t_2^2$   
 $2 v_0 \sin \alpha = g t_2$



две траектории совпадают

$t_2 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$

$\frac{t_2}{t_{1x}} = \frac{4}{3}$

$4l = v_0 \cos \alpha t_2$   
 $3l = v_0 \cos \alpha t_{1x}$

Время полёта до стены в  $\frac{4}{3}$  раза меньше времени до



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!

СТРАНИЦА 2

$$\begin{cases} 3l = v_0 \cos \alpha t_{1x} \\ h = v_0 \sin \alpha t_{1x} - 0,5 g t_{1x}^2 \end{cases}$$

$$t_{1x} = 0,75 t_1$$

$$t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$4l = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$0 = v_0 \sin \alpha t_1 - 0,5 g t_1^2$$

$$2v_0 \sin \alpha t_1 = g t_1^2$$

$$\begin{cases} 4l = v_0 \cos \alpha t_1 \\ 2v_0 \sin \alpha t_1 = g t_1^2 \end{cases}$$

Когда мяч достигнет макс. высоты  $H$ ,  
он пролетит  $1,5l$  (т.е. траектория <sup>полная</sup> симметрична)

$t_H$  - время,  
за которое  
мяч достигнет  
высоты  $H$

$$\begin{cases} 1,5l = v_0 \cos \alpha t_H \\ H = v_0 \sin \alpha t_H - 0,5 g t_H^2 \end{cases}$$

$$1,5l = v_0 \cos \alpha t_H$$

$$4l = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$\frac{t_1}{t_H} = \frac{4}{1,5} = \frac{8}{3} = 2\frac{2}{3}$$

$$t_1 = 2\frac{2}{3} t_H$$

$$\frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8}{3} t_H$$

$$8g t_H = 6v_0 \sin \alpha$$

$$t_H = \frac{6v_0 \sin \alpha}{8g} = \frac{3v_0 \sin \alpha}{4g}$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = v_0 \sin \alpha t_H - 0,5 g t_H^2$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{3v_0 \sin \alpha}{4g} - 0,5 g \left( \frac{3v_0 \sin \alpha}{4g} \right)^2$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{3v_0^2 \sin^2 \alpha}{4g} - \frac{0,5 g \cdot 9v_0^2 \sin^2 \alpha}{16g^2}$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{3v_0^2 \sin^2 \alpha}{4g} - \frac{4,5v_0^2 \sin^2 \alpha}{16g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

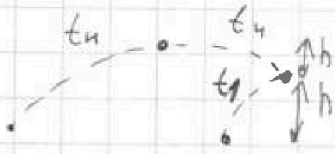
МФТИ

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

СТРАНИЦА 3

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{3v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{4.5 v_0^2 \sin^2 \alpha}{10g}$$

$t_4$  - время  
падения от  
наибольшей  
высоты



$t_1$  - время  
падения от  
удара о стену  
до удара об пол

$$0x: 1.5l = v_0 \cos \alpha t_4$$

$$(H-h) = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha t_4^2}{2}$$

$$2(H-h) = g t_4^2$$

$$H = \frac{g t_4^2}{2} + h$$

т.к.  $t_1 = t_5$ , расстояние, пройденное  
мелом по оси  $y$  равно нулю

$t_1$  и  $t_5$  будут равны (т.к.

$y$ -координата относительно системы  
отсчета)

$$t_1 + t_2 + t_3 = t_5 \quad t_5 = 2t_1 + 2t_2$$

$$t_1 = t_2 + t_3$$

$$t_1 + t_2 = \frac{3}{4} t_5 = 6t_3$$

$$t_1 + t_2 = 3(2t_2 + t_3)$$

$$t_5 = \frac{4}{3}(t_1 + t_2)$$

$$2t_1 + 2t_2 = 4(2t_2 + t_3)$$

$$6t_1 + 6t_2 = 8t_2 + 8t_3$$

$$2t_1 = 2t_2 \quad t_1 = t_2$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{1}{4} t_5$$

$$h = 0.5g t_1^2$$

$t_1 = \frac{1}{4} t_5$ . Время  $t_1$  в 4  
раз меньше времени  
падения.

за время  $t_1$  мел  
просто расстояние  
 $h$  по оси  $y$ .

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!



$$h = 0,5 g t_4^2$$

$$t_4 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_4 = \sqrt{\frac{10,8}{10}} = \sqrt{1,08}$$

$$t_4 \approx 1,04 \text{ c}$$

$$t_4 = t_1$$

$$t_1 \approx 1,04 \text{ c}$$

$$t_5 = 4,16 \text{ c}$$

$$\frac{10,8}{10}$$

$$\begin{array}{r} 108 \overline{) 100} \\ -100 \\ \hline 800 \end{array}$$

$$1,0804$$

$$11,04$$

$$416$$

$$000$$

$$04$$

$$\frac{10816}{10}$$

3) ~~Handwritten scribbles~~

~~Handwritten scribbles~~

ОТВЕТ:  $H = 10,8 \text{ м}$   
 $t_1 = 1,04 \text{ c}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

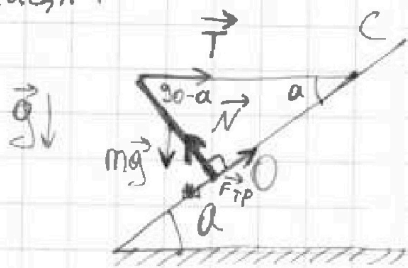
МФТИ

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



СТРАНИЦА 1

Центр  $L = AO$   
- длина стержня  
Центр  $A$  - верхняя точка стержня



Центр  $O$  - центр и точка стержня.  
Разставим на стержне силы, действующие на стержень.

Из условия равновесия стержня рассмотрим уравно моментов относительно точки  $O$ :

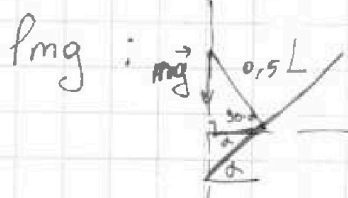
$$l_n = 0 \quad \vec{F}_{TP} \cdot l_{FTP} + m\vec{g} \cdot l_{mg} + \vec{T} \cdot l_T = 0,$$

$l_{FTP} = 0$  где  $l_{mg}$  и  $l_T$  - длины плеч сил  $m\vec{g}$  и  $\vec{T}$ .

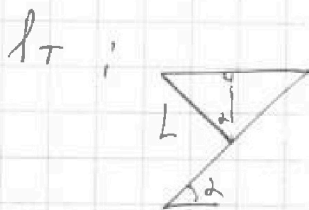
$$l_{mg} = 0,25L$$

$$l_T = \frac{L\sqrt{3}}{2}$$

$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_{TP} + m\vec{g} = 0$$



$$l_{mg} = 0,5L \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = 0,5L \cdot \sin \alpha = 0,5L \cdot 0,5 = 0,25L$$



$$l_T = L \cdot \cos \alpha = L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,73$$

$$m = 6 \text{ кг}$$

$$m\vec{g} \cdot l_{mg} + \vec{T} \cdot l_T = 0$$

$$mg \cdot l_{mg} = T \cdot l_T$$

$$mg \cdot 0,25L = T \cdot \frac{L\sqrt{3}}{2}$$

(м.к.  $m\vec{g}$  и  $\vec{T}$  вращают стержень в разные направления)

$$m = \frac{\sqrt{3} T}{0,5g}$$

$$0,25mg = \frac{\sqrt{3}}{2} T$$

$$0,5mg = \sqrt{3} T$$

$$m = \frac{2\sqrt{3} T}{g} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 17,3}{10} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 1,73}{1} = 2 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ кг}$$

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!

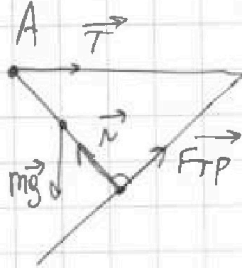
СТРАНИЦА 2

для нахождения  $F_{TP}$  решим уравнение моментов все относительно  $m, A$  - вершин точки стержня;

отн. т. А:

$$m\vec{g} \cdot l_{mg_2} + F_{TP} \cdot l_{F_{TP}2} = 0$$

$l_{mg_2}, l_{F_{TP}2}$  известны  
см. отн. т. А.



$$l_{mg_2} = 0,5 L \cdot \cos(90 - \alpha) = 0,5 L \cdot 0,5 = 0,25 L$$

$$l_{F_{TP}2} = L$$

$$mg \cdot l_{mg_2} = F_{TP} \cdot l_{F_{TP}2} \quad (\text{т.к. } m\vec{g} \text{ и } F_{TP} \text{ образуют стержень в разных направлениях})$$

$$mg \cdot 0,25 L = F_{TP} \cdot L$$

$$0,25 mg = F_{TP}$$

$$0,25 \cdot 6 \cdot 10 = F_{TP}$$

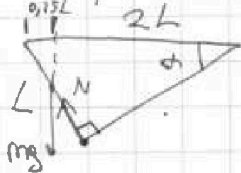
$$F_{TP} = 15 \text{ Н}$$

$$F_{TP} = \frac{mg}{4} \quad F_{TP} = 15 \text{ Н}$$

$$F_{TP} = N \cdot \sin \alpha$$

Пусть точка C - место крепления кисти к нижней поверхности, относительно т. C;

$\alpha = 30^\circ \Rightarrow$   
качет стержень по отношению  $\alpha$  равен  $\frac{\alpha}{2}$  относительно т. C.



$$N \cdot l_n + mg \cdot l_{mg_3} = 0, \text{ где } l_n \text{ и } l_{mg_3} - \text{длина или см отн. т. C.}$$

$$l_n = 2L \cdot \cos \alpha = 2L \cdot \cos 30 = 2L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = L\sqrt{3}$$

$$l_{mg_3} = 2L \cdot 0,25 = 0,5 L$$

$$N \cdot l_n = mg \cdot l_{mg_3} \quad (\text{т.к. } m\vec{g} \text{ и } N \text{ образуют стержень в разных направлениях})$$

$$N \cdot L\sqrt{3} = mg \cdot 0,5 L$$

$$N\sqrt{3} = 0,5 mg$$

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!



СТРАНИЦА 3

$$\sqrt{3} \approx 1,73$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} = \mu \vec{N}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

(т.к.  $\vec{F}_{\text{тр}} \perp \vec{N}$ )

$$N \sqrt{3} = 1,75 \text{ мг}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,73 \approx 1,75$$

$$\Downarrow$$
$$N \approx \text{мг}$$

$$N \approx 6 \cdot 10 \approx 60 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \text{мг} = 15 \text{ Н}$$

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{F_{\text{тр}}}{\text{мг}} = \frac{15 \text{ Н}}{60 \text{ Н}} = 0,25$$

при  $\mu = 0,25$  шестня находится в крайнем равнове-

сии равновесия. При  $\mu$  увеличении  $\mu$  равнове-

сие нарушиться не будет.  $\Rightarrow \mu, \mu \geq 0,25$

Ответ:  $m = 6 \text{ кг}$

$$F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$$

$\mu$  лежит в диапазоне от 0,25 до 1.

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!

СТРАНИЦА 1

1)  ~~$P_H = I_H \cdot U_H$~~   $P_H = I_H \cdot U$

$I_H$  - сила тока, текущая через нагреватель  
 ~~$I_H$  - ток~~

$I_H = \frac{U}{R}$   $I_H = \frac{100 \text{ В}}{25 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}$

$P_H = 400 \text{ Вт}$

$P_H = I_H \cdot U = 4 \text{ А} \cdot 100 \text{ В} = 400 \text{ Вт}$

2)  ~~$Q = \frac{P}{t}$~~   $P = \frac{Q}{t}$  - общая формула  ~~$P = \frac{Q}{t}$~~   $P = \frac{Q}{t}$   $Q$  - теплота

По графику зависимости  $P$  от  $t$ , можем найти

~~найдем  $t_0$  для начальной зависимости  $t_0$  -  
количество тепла, рассеявшегося за период  $T$ .~~

~~За  $T_0 = 100 \text{ с}$  рассеялось  $\Delta Q_1$  тепла~~

~~$P_{\text{ср}} = \frac{P_2 + P_1}{2}$~~

~~$\Delta Q_1 = P_{\text{ср}} \cdot T'$ , где  $P_{\text{ср}}$  -~~

~~- средняя мощность тепловыделения (решается линейно)~~

~~$\Delta Q_1 = \frac{200 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт}}{2} \cdot 100 \text{ с}$~~

~~$\Delta Q_1 = 150 \text{ Вт} \cdot 100 \text{ с} = 15000 \text{ Дж}$~~

~~$\Delta Q_1 = 15000 \text{ Дж}$ . За  $T' = 100 \text{ с}$  в воздухе рассеяно  $15000 \text{ Дж}$  тепла.~~

По графику можем найти, на сколько Вт с каждой секундой увеличивается  $P$  (мощность тепловыделения)

за  $100 \text{ с}$   $P$  увеличивается на  $100 \text{ Вт}$ .  $\Rightarrow$  с каждой секундой

$P$  увеличивается на  $1 \text{ Вт}$ .  $K = \frac{100 \text{ Вт}}{100 \text{ с}} = \frac{1 \text{ Вт}}{\text{с}}$

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. Печать QR-кода недопустима!

СТРАНИЦА 2

$$k = \frac{P_{BT}}{c}$$

Резируется на  $P_{BT}$  с каждой прошедшей секундой  $\Rightarrow$  через  $180$  с  $P_1$  будет равно  $P_0 + kT$

$$P_1 = P_0 + kT$$

$$P_1 = 100 \text{ Вт} + 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}} \cdot 180 \text{ с} = 100 \text{ Вт} + 180 \text{ с} = 280 \text{ Вт}$$

$P_0 = 100$  Вт - P в момент времени 0 с

$P_1$  - P в момент времени 180 с

$$P_1 = 280 \text{ Вт}$$

Поскольку P резируется линейно, можем обозначить за  $P_{\text{ср}}$  среднюю мощность тепловых потерь за время  $T = 180$  с.

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_0}{2} \text{ (т.к. P резируется линейно)}$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{280 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт}}{2} = 190 \text{ Вт} \text{ - средняя мощность тепловых потерь}$$

Можем найти тепло, рассеянное за время  $T = 180$  с:

$$Q_{\text{потери}} = P_{\text{ср}} \cdot T$$

$$Q_{\text{потери}} = 190 \text{ Вт} \cdot 180 \text{ с} = 34200 \text{ Дж}$$

$$Q_{\text{потери}} = 34,2 \text{ кДж}$$

Найдём тепло, выделившееся нагревателем за время  $T = 180$  с:

$$Q_T = P_H \cdot T$$

$$Q_T = 400 \text{ Вт} \cdot 180 \text{ с} = 72000 \text{ Дж}$$

$$Q_T = 72 \text{ кДж}$$

$$\begin{array}{r} 790 \\ \times 180 \\ \hline 000 \\ 15200 \\ 19000 \\ \hline 34200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ 180 \\ \times 190 \\ \hline 1000 \\ 1620 \\ +180 \\ \hline 34200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 180 \\ \times 400 \\ \hline 000 \\ 32000 \\ +400 \\ \hline 72000 \end{array}$$



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!

СТРАНИЦА 3

Найдите тепло, которое получила вода:

$$Q = Q_T - Q_{\text{поверх}}$$

$$Q = 72 \text{ кДж} - 34,2 \text{ кДж} = \underline{37,8 \text{ кДж}}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$m$  - масса воды

$$m = \rho \cdot V \quad m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 1 \text{ кг}$$

$$\Delta t = \tilde{t}_1 - \tilde{t}_0 \quad \Delta t - \text{изменение температуры}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$37,8 \text{ кДж} = 1 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{37800 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг}} = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tilde{t}_1 = \Delta t + \tilde{t}_0$$

$$\tilde{t}_1 = 9 \text{ } ^\circ\text{C} + 16 \text{ } ^\circ\text{C} = \underline{25 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Ответ:  $P_H = 400 \text{ Вт}$   
 $\tilde{t}_1 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

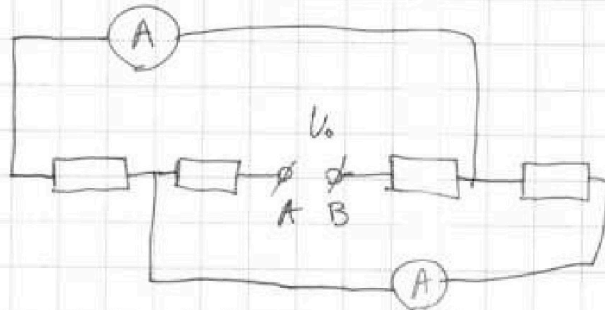
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

СТРАНИЦА 1

$U_0$  - напряжение источника



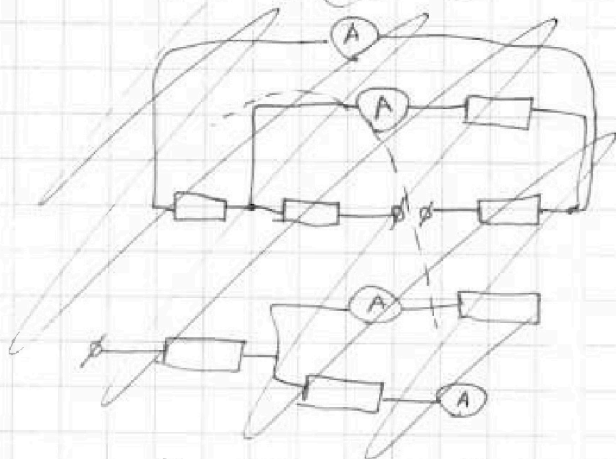
$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 125 \\ \hline 6250 \end{array}$$

Реш: Изобразим эквивалентную схему!

$$125 \cdot 50$$

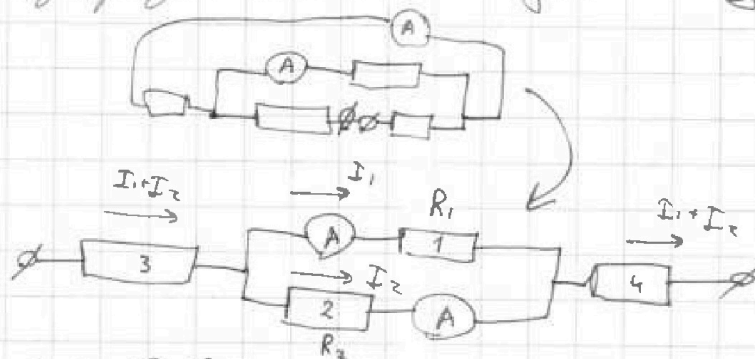
$$125 \cdot 50$$

$$150 \cdot 100$$



Обозначим резисторы цифрами 1, 2, 3, 4.

Изобразим эквивалентную схему!



По полученной эквивалентной схеме легко понять, что при параллельном соединении амперметров, резисторы, подключаемые к амперметрам последовательно, имеют разный ток. (Иначе, если бы резисторы были соединены, но и ток амперметров были бы одинаковыми).

Пусть сопротивление верхнего резистора равно сопротивлению  $R_1 = 30 \text{ Ом}$ , а нижнего  $R_2 = 60 \text{ Ом}$ .

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



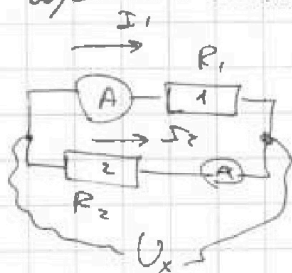
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



СТРАНИЦА 2

т.к.  $R_1 < R_2$ , по верхней ветке пойдёт больший ток  $I_1$  (т.к. амперметры соединены параллельно)

при параллельном соединении проводников, ток, текущий через проводник, делится в отношении, обратном отношению проводников.



$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$I_2 = 2 \text{ A} \cdot \frac{30 \text{ Ом}}{60 \text{ Ом}} = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = 1 \text{ A}$$

$$P = UI \text{ - закон Джоуля-Ленца}$$

$$U_x = I_1 R_1 = 2 \text{ A} \cdot 30 \text{ Ом} = 60 \text{ В}$$

$$U_x = I_2 R_2$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

~~В оставшихся резисторах~~

$I_0$  - общий ток в цепи

$$I_0 = I_1 + I_2 \text{ - (по правилу Кирхгофа)}$$

$$I_0 = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

$$I_0 = 3 \text{ A}$$

Среди оставшихся резисторов 3 и 4

одни имеет сопротивление 30 Ом, а другой - 60 Ом

т.е. Пусть  $R_3 = 30 \text{ Ом}$ , а  $R_4 = 60 \text{ Ом}$  (резисторы)

через резисторы  $R_3$  и  $R_4$  пойдёт ток  $I_0$ .

Найдём мощности, выделяющиеся на резисторах:

$P_1, P_2, P_3, P_4$  - мощности, выделяющиеся соответственно на резисторах 1, 2, 3, 4.

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!



СТРАНИЦА 3

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$U_3 = I_0 \cdot R_3$$

$$U_4 = I_0 \cdot R_4$$

$$U_1 = U_2 = U_x = 60 \text{ В}$$

$$R_3 = R_1 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_2 = R_4 = 60 \text{ Ом}$$

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 4 \text{ А}^2 \cdot 30 \text{ Ом} = 120 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = I_2^2 \cdot R_2 = 1 \text{ А}^2 \cdot 60 \text{ Ом} = 60 \text{ Вт}$$

$$P_3 = U_3 \cdot I_0 = I_0^2 \cdot R_3 = 9 \text{ А}^2 \cdot 30 \text{ Ом} = 270 \text{ Вт}$$

$$P_4 = U_4 \cdot I_0 = I_0^2 \cdot R_4 = 9 \text{ А}^2 \cdot 60 \text{ Ом} = 540 \text{ Вт}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 540 \text{ Вт} + 270 \text{ Вт} + 60 \text{ Вт} + 120 \text{ Вт}$$

Ответ:  $I_2 = 1 \text{ А}$   
 $P = 990 \text{ Вт}$

$$P = 540 + 270 + 60 + 120 = 990 \text{ Вт}$$

$$\begin{array}{r} 180 \\ + 270 \\ \hline 450 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 540 \\ + 270 \\ \hline 810 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 810 \\ + 180 \\ \hline 990 \end{array}$$