

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-02

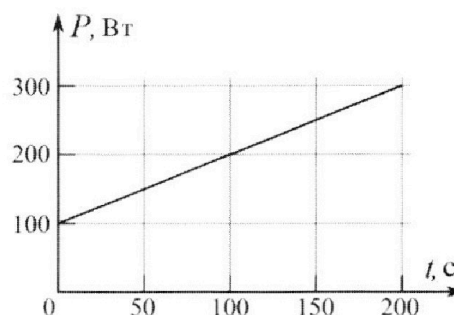
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

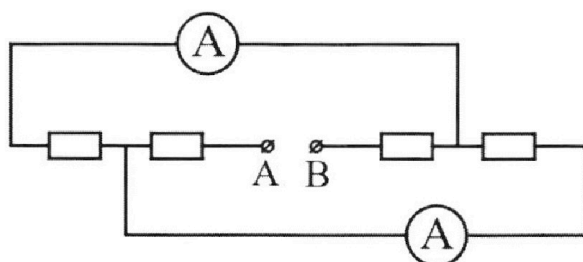


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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?





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

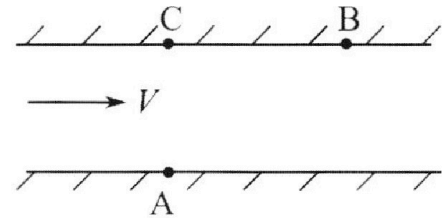
Вариант 09-02

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.

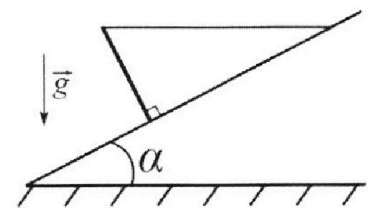
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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  $\alpha = 30^\circ$ .

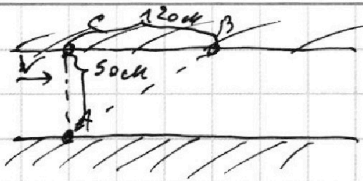


- 1) Найдите массу  $m$  стержня.
- 2) Найдите силу  $F_{тр}$  трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

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!



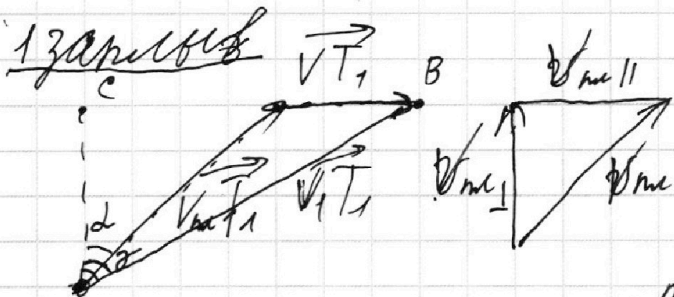
① По теореме Пифагора  $AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} =$

$= 130 \text{ м.}$ ; Обозначим за  $V_n$  скорость лодки относ. реки.

② м.к.  $V_n = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$ , но  $V_1$  и  $V_2 = \text{const}$

$V_1 = \frac{AB}{T_1} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $V_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

③ Пусть  $\alpha$  -  $\angle$  между AC и  $V_{\text{м.к.}}$  в системе отсчёта "река" в 1 случае, а  $\beta$  - во втором. Так же обозначим  $\angle CAB$  за  $\gamma$ .  $\sin \gamma = \frac{12}{13}$ ;  $\cos \gamma = \frac{5}{13}$



④ Разложим  $V_{\text{м.к.}}$  на 2 компонента:  $V_{\text{м.к.}\perp}$  и  $V_{\text{м.к.}\parallel}$

м.к.  $T_1 < T_2$ , отсюда по равенству  $V_{\text{м.к.}\perp}^2 + V_{\text{м.к.}\parallel}^2 = V_{\text{м.к.}}^2$

⑤ Тогда  $V_{\text{м.к.}\perp} \cdot T_1 = L$

$V_{\text{м.к.}\perp} = V_{\text{м.к.}} \cdot \cos \alpha = \frac{L}{T_1} = V_1 \cdot \cos \gamma$

$\Rightarrow V_{\text{м.к.}\perp} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$(V_{\text{м.к.}\parallel} + V) T_1 = L \Rightarrow V_{\text{м.к.}\parallel} T_1 = L - V T_1 \Rightarrow V_1 \cdot \sin \beta - V = V_{\text{м.к.}\parallel}$

$V_{\text{м.к.}\parallel} = V_{\text{м.к.}} \cdot \sin \alpha = V_1 \cdot \sin \beta - V$

~~$V_{\text{м.к.}} = V_1 \cos \gamma$~~   $V_{\text{м.к.}}^2 = V_1^2 \cos^2 \gamma + (V_1 \cdot \sin \beta - V)^2$

2 замеч

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

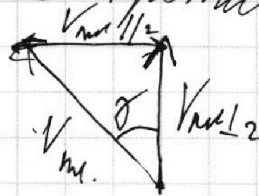
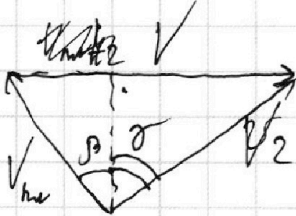
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

6) Плоскости, м.к. плоскости параллельны в точке же точке,  
а  $T_2 > T_1 \Rightarrow$  от точки плоскости параллельно



$$\left. \begin{aligned} V_{||\perp 2} &= V_2 \cdot \cos \gamma \\ V - V_{||\perp 2} &= V_2 \cdot \sin \gamma \\ V_{||\perp 2} &= V_{||} - V_2 \cdot \sin \gamma \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{||}^2 = V_2^2 \cos^2 \gamma + (V - V_2 \cdot \sin \gamma)^2 \quad (2)$$

7) Сравним выражения (1) и (2)

$$V_1^2 \cos^2 \gamma + (V_1 \sin \gamma - V)^2 = V_2^2 \cos^2 \gamma + (V - V_2 \sin \gamma)^2$$

Самым простым корнем, при котором  $V_1 \sin \gamma - V \geq 0$  и  $V - V_2 \sin \gamma \geq 0$

$$V_1^2 - 2V_1V \sin \gamma + V^2 = V_2^2 - 2V_2V \sin \gamma + V^2$$

$$V_1^2 - V_2^2 = 2V \sin \gamma (V_2 - V_1)$$

$$2V \sin \gamma = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \sin \gamma} = \frac{43 \cdot 24 + 13 \cdot 10}{240 \cdot 2 \cdot 12} =$$

$$= \frac{13^2 \cdot 34^{17}}{240 \cdot 2 \cdot 12} = \frac{2873}{2880} \approx 1$$

$1,2 - 1 > 0$ ;  $1 - 0,5 > 0$ ;  $\Rightarrow$  этот корень самый подходящий.

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!

$$V_{\text{м}} = \sqrt{\left(1,3 \cdot \frac{10}{13}\right)^2 + (1,2 - 1)^2} = \sqrt{0,25 + 1,21} = \sqrt{1,46}$$

$$1,2 = \sqrt{1,44}; \quad 1,3 = \sqrt{1,69} \Rightarrow 1,2 < V_{\text{м}} < 1,3 \Rightarrow$$

Он сможет подобрать такой угол, при котором он будет двигаться строго от А к С  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow S = BC = 120 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } V_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V = \frac{2873}{2880} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 120 \text{ м}$$

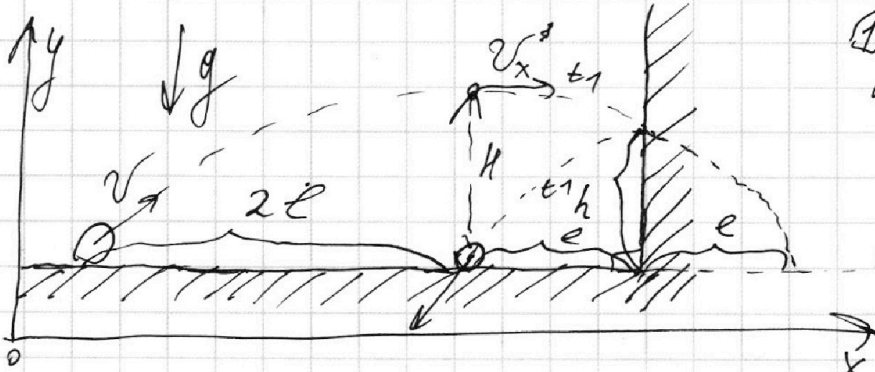
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



①  $v_x$  - скорость мяча на ось  $x$   
 $v_y$  - скорость мяча на ось  $y$ .

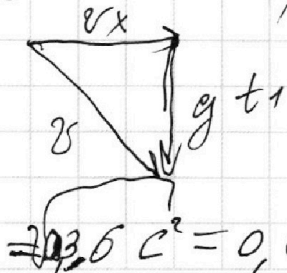
② т.к. удар было абсолютно

упругим, то

если "отзеркалить" часть траектории после удара, то траектория - парабола.

③ Обозначим расстояние между стеной и точкой падения  $l$ , тогда расстояние между точкой старта и стеной  $- 3l \Rightarrow$  Общая  $x$  составляющая траектории:  $4l$ ; между точкой старта и между точкой падения  $2l \Rightarrow \Rightarrow$  окружи в точке, имеющей точку старта  $x$  координату, как и верхняя точка траектории, где  $v_y = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{t}{2} - t_1$ , где  $t$  - полное время полета  $\Rightarrow t = 4t_1$

④ Рассмотрим  $v_y$  в момент соударения.



$$\Rightarrow v_y' = g t_1$$

$$h = v_y' \cdot t_1 + \frac{g t_1^2}{2} = \frac{3}{2} g t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{h}{g}}$$

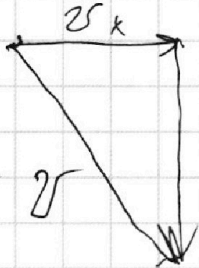
$$= 0,6 \text{ c} = 0,6 \text{ c}$$



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!

5) Рассмотрим скорость в нижней точке



$$\Rightarrow v_y'' = g \cdot 2t_1$$

$$v_y = g \cdot 2t_1^2 \quad K = v_y \cdot 2t_1 = 2gt_1^2 = 2 \cdot 9,8 \cdot 0,6^2 = 7,2 \text{ м}$$

~~$$K = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,6^2}{2} = 2,5 \cdot 9,8 \text{ м}$$~~

~~$$= \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,6^2}{2} = 2,5 \cdot 9,8 \text{ м}$$~~

$$= \frac{4}{3} h = 7,2 \text{ м}$$

6) Если наклон движется на вершину мячу, то в СО, связанной со стержнем  $v_{x'} = v_x + u$ . Больше ничего не изменится. Так как все величины время мы рассчитывали из  $y$  сего влияния, то они не изменятся.

7) Запишем ур-я на ось  $x$

1)  $u_{cm} = 0$  (такая)

$$l = t_1 \cdot v_x$$

$$l + d = t_1 (v_x + u)$$

$$\Rightarrow u = \frac{d}{t_1} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $K = 7,2 \text{ м}$

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$u = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

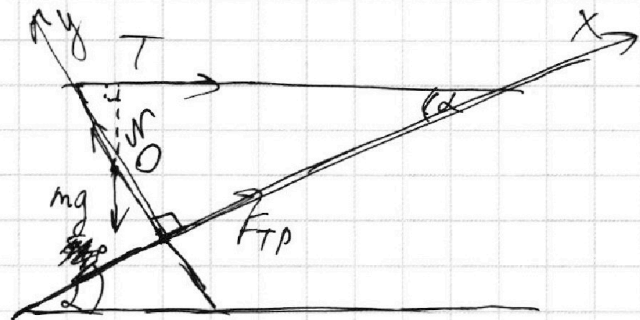
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Порча QR-кода недопустима!



① т.к. тело находится в равновесии, то  
 $\Sigma F_x = 0$ ;  $\Sigma M = 0$   
 $\Sigma F_y = 0$ ;

② Запишем проекции сил на оси:

(x)  $F_{Tp} + T \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha$

(y)  $N = mg \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha$

③ Запишем ур-е моментов относительно  $O$ , где  $O$  - точка приложения  $F_{Tp}$ .

$$T \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \alpha = F_{Tp} \cdot \frac{l}{2} \Rightarrow T \cos \alpha = F_{Tp}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow F_{Tp} = \frac{34,6}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{34,6 \cdot 2}{\sqrt{3}} = \frac{69,2}{\sqrt{3}} \text{ Н}$$

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

$$mg \cdot \sin \alpha = 2 T \cos \alpha$$

$$m = \frac{2 T \operatorname{ctg} \alpha}{g} = \frac{17,3 \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{10} = 3,46 \sqrt{3} \text{ кг}$$

$$N = 3,46 \sqrt{3} \cdot \cos 30^\circ + T \cdot \cos 30^\circ = \frac{34,6 \cdot 3}{2} + 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 17,3 \cdot 3 + 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 17,3 \left( 3 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$N \cdot \mu_{\min} = F_{Tp}$ ; при  $\mu > \mu_{\min}$   $N \mu > F_{Tp}$

$$\mu_{\min} = \frac{F_{Tp}}{N} = \frac{34,6 \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot 17,3 \left( 3 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = \frac{2 \sqrt{3} \left( 3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{3 \left( 9 - \frac{3}{4} \right)} = \frac{8 \sqrt{3} \left( 3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{3 \cdot 33}$$

Ответ:  $m = 3,46 \sqrt{3} \text{ кг}$ ;  $F_{Tp} = \frac{69,2}{\sqrt{3}} \text{ Н}$ ;  $\mu \geq \frac{8 \sqrt{3}}{99} \cdot \left( 3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$



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!

$$① P_H = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт}$$

$$② m_b = V \cdot \rho = 1 \text{ кг}; m_b - \text{масса воды}$$

③ т.к.  $P_{\text{мен}} -$  линейная ф-ция от времени, то  $P_T = P_0 + K \cdot T$ . Из графика видно, что  $P_0 = 100 \text{ Вт}$   
 $K = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$ ;  $Q_{\text{мен}}$  - энергия, ушедшая на нагрев - потери;  $Q_{\text{мен}} = P_0 T + \frac{KT^2}{2}$ , при  $T = 180 \text{ с}$ :

$$Q_{\text{мен}} = 100 \cdot 180 + \frac{1 \cdot 180^2}{2} = 28800 \text{ Дж}$$

$$m_b \cdot c \cdot (\tilde{T}_1 - \tilde{T}_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{мен}}$$

$$\tilde{T}_1 = \tilde{T}_0 + \frac{P_H \cdot T - Q_{\text{мен}}}{c \cdot m_b} = 16 + \frac{400 \cdot 180 - 28800}{4200 \cdot 1} = 16 + 11 = 27^\circ \text{C}$$

Ответ:  $P_H = 400 \text{ Вт}$   
 $\tilde{T}_1 = 27^\circ \text{C}$

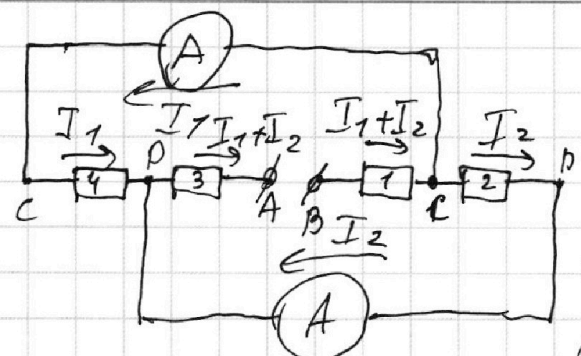
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Порча QR-кода недопустима!



1) м.к. сопротивлений амперметров пренебрежимо малы, то их можно считать проводниками  $\Rightarrow$  коротк замыкание на их концах одноконтур.

2) Допустим что через верхний амперметр течёт ток  $I_1$ , а через нижний  $I_2$ , тогда через резистор 2 течёт  $I_2$ , через резистор 1 течёт  $I_1 + I_2$ ; через 4 течёт  $I_1$  и через 3  $I_1 + I_2$ .

3)  $\varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E}$ , где  $\mathcal{E}$  - напряжение источника  
 $\varphi_B - \varphi_C = R_1(I_1 + I_2)$

$\varphi_C - \varphi_D = R_2 I_2 = R_4 I_1$ , м.к. по условию задачи  $\varphi_C$  есть наибольший ток ( $I_1 > I_2$ )  $\Rightarrow I_1 \neq I_2 \Rightarrow R_2 \neq R_4$ ;  $R_4 < R_2 \Rightarrow R_2 = 60 \Omega$

$$R_4 = 30 \Omega \Rightarrow I_2 = \frac{R_4 \cdot I_1}{R_2} = 1 \text{ A}$$

4)  $\varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E} = \varphi_B - \varphi_C + \varphi_C - \varphi_D + \varphi_D - \varphi_A = (R_1 + R_3)(I_1 + I_2) + R_4 I_1$ , м.к.  $R_2 = 60 \Omega$ ;  $R_4 = 30 \Omega \Rightarrow R_1 + R_3 = 90 \Omega$

$$\mathcal{E} = 90 \cdot 3 + 60 \cdot 1 = 330 \text{ В}; P = \mathcal{E} \cdot I = 990 \text{ Вт} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Ответ: } 1 \text{ A} \\ 990 \text{ Вт} \end{array} \right.$$

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!

$$180 \cdot 90 = 10800 + 18000 = 28800$$

$$400 \cdot 180 - 28800 = 72000 - 28800 = 43200$$

$$V_{n||} = V_{rel} \cdot \sin \alpha$$

$$V_{nL} = V_{rel} \cdot \cos \alpha = V_1 \cdot \cos \beta$$

$$V_{n||} + V = V_1 \cdot \sin \beta$$

$$V_{rel} \cdot \sin \alpha + V = V_1 \cdot \sin \beta$$

$$V_{rel} \cdot \sin \alpha = V_1 \cdot \sin \beta - V$$

$$V_{rel}^2 \cdot \sin^2 \alpha = (V_1 \sin \beta - V)^2 + V_{rel}^2 \cos^2 \beta$$

$$V_{rel}^2 = V_1^2 \sin^2 \beta$$

$$V_{rel}^2 = V_1^2 \cos^2 \beta + (V_1 \sin \beta - V)^2$$

$$1,3 \quad \frac{13}{24} \quad \frac{12}{13} \quad 13^2 = 169$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 13 \\ \hline 108 \\ 276 \\ \hline 468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 13 \\ \hline 36 \\ 120 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 17 \\ \hline 1183 \\ 169 \\ \hline 2873 \end{array}$$

$$240 \times 12 \quad \begin{array}{r} 240 \\ \times 12 \\ \hline 480 \\ 24 \\ \hline \end{array}$$



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 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!

