



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

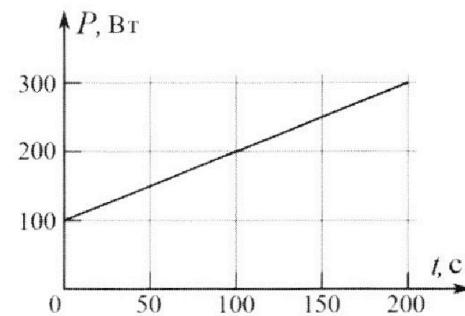


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду объемом $V = 1\text{л}$ нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^{\circ}\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25\text{ Ом}$, напряжение источника $U = 100\text{ В}$. 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 $T = 180\text{ с}$ после начала нагревания.

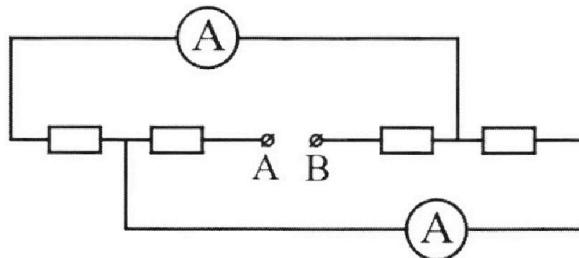
Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.



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. Большее показание $I_1 = 2\text{ А}$.

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





Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023

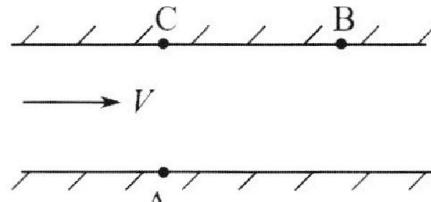
Вариант 09-02



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.

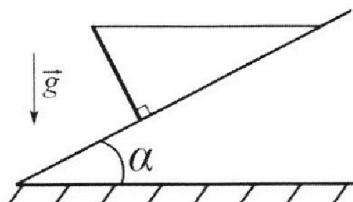
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 поконится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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_{TP} трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

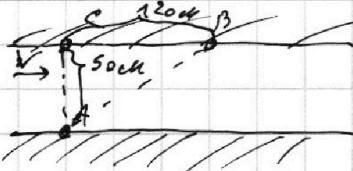
решение которой представлено на странице:



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



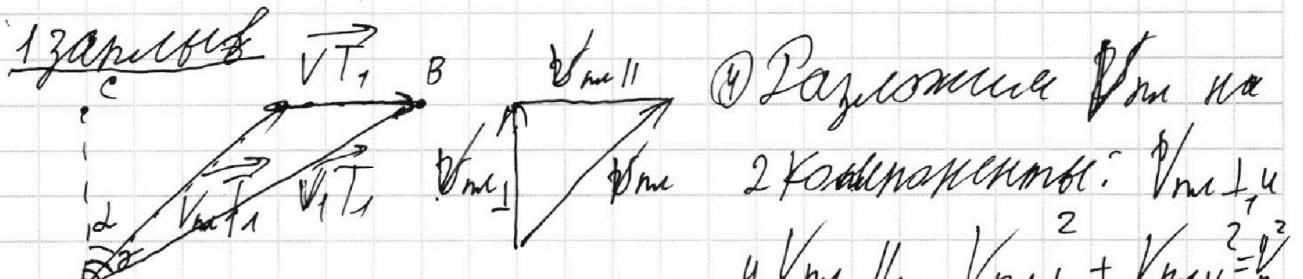
$$\textcircled{1} \text{ Из } \textcircled{2} \text{ Гипотеза } AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} =$$

$$= 130 \text{ м. ; Обозначим за } V \text{ скорость} \\ \text{воды относ. реки.}$$

Q.m.k. $V_h = \text{const}$; $V = \text{const}$, то V_1 и $V_2 = \text{const}$

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

\textcircled{3} Ручей $\angle -$ между AC и V_m в системе отсчёта
реки" в 1 случае, а β - во втором. Так же обоз-
начим $\angle CAB = \gamma$. $\sin \gamma = \frac{12}{13} ; \cos \gamma = \frac{5}{13}$



$$\textcircled{4} \text{ Разложение } V_m \text{ на} \\ 2 \text{ компоненты: } V_{m\perp} \text{ и} \\ V_{m\parallel} \text{ и } V_{m\perp}^2 + V_{m\parallel}^2 = V^2$$

$$\text{м.к. } T_1 < T_2, \text{ т.к. } V_{m\perp}^2 + V_{m\parallel}^2 = V^2$$

$$\textcircled{5} \text{ Из } V_m \cdot T_1 = L$$

$$V_{m\perp} = V_m \cdot \cos \angle = \frac{L}{T_1} = V_1 \cdot \cos \gamma = V_1 \cdot \cos \gamma$$

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

$$(V_{m\parallel} + V) T_1 = L \Rightarrow V_{m\parallel} = L - V T_1 \Rightarrow V_1 \cdot \sin \gamma - V = V_{m\parallel}$$

$$V_{m\parallel} = V_m \cdot \sin \angle = V_1 \cdot \sin \beta$$

$$V_m = \sqrt{V_{m\perp}^2 + V_{m\parallel}^2} = \sqrt{V_1^2 \cos^2 \gamma + (V_1 \cdot \sin \beta - V)^2}$$

2 запись

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

Отметьте крестиком номер задачи,

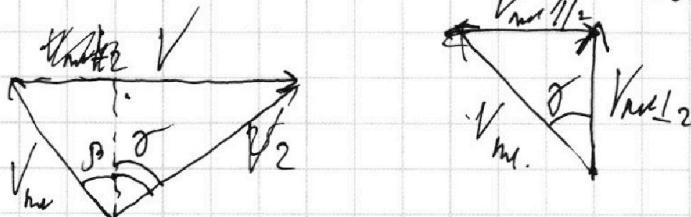
решение которой представлено на странице:

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

⑥ Танкер, м. к. плывя против течения, а $T_2 > T_1 \Rightarrow$ Он может проплыть течением



$$\begin{aligned}V_{\text{huc}} \perp_2 &= V_2 \cdot \cos \gamma \\V - V_{\text{huc}} \parallel_2 &= V_2 \cdot \sin \gamma \\V_{\text{huc}} \parallel_2 &= V - V_2 \cdot \sin \gamma\end{aligned}\quad \left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow V_{\text{huc}}^2 = V_2^2 \cos^2 \gamma + (V - V_2 \cdot \sin \gamma)^2 \\ (1) \end{array} \right.$$

⑦ Три правила для выравнивания (1) и (2)

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

Две реальные корни, при которых $V_1 \cdot \sin \gamma - V \geq 0$ и $V - V_2 \cdot \sin \gamma \geq 0$

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

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

$$2V \sin \gamma = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \sin \gamma} = \frac{63 \cdot 24 + 13 \cdot 10}{240 \cdot 2 \cdot 12} = \frac{13^2 \cdot 34}{240 \cdot 2 \cdot 12} = \frac{2873}{2880} \approx 1$$

$1,2 - 1 > 0$; $1 - 0,5 > 0$; \Rightarrow оба корня были подобраны.



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 checked="" 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!

$$V_m = \sqrt{(1,3 \cdot \frac{1}{1,3})^2 + (1,2 - 1)^2} = \sqrt{0,25 + 1,21} = \sqrt{1,46}$$

$$1,2 = \sqrt{1,44}; 1,3 = \sqrt{1,69} \Rightarrow 1,2 < V_m < 1,3 \Rightarrow$$

Ок сложнее подобрать такой угол, при котором он будет двигаться сплошь от A к C \Rightarrow

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

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

$$V_2 = \frac{1^3}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

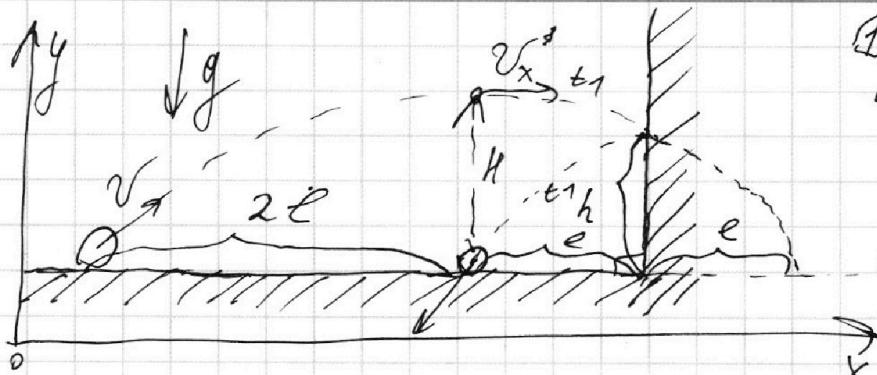
$$S = 120 \text{ м}$$



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



① V_x - скорость мяча вдоль ось x
 V_y - скорость мяча вдоль ось y .

② т.к. удар был абсолютно

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

③ Обозначим расстояние между стартом и точкой падения l , тогда расстояние между полкой старт и стартом $= 3l \Rightarrow$ Делает x составляющую траектории: $4l$; между полкой стартом и между полкой падения $2l \Rightarrow$ \Rightarrow окружл в воздухе, идет субъект только тангенциальную x координату, как и вертикальную точку 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.

$$\begin{aligned} v_x &= g t_1 \Rightarrow V_y = g t_1 \\ h &= V_y \cdot t_1 + \frac{g t_1^2}{2} = \frac{3}{2} g t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2h}{3g}} \\ 2,6 \text{ c}^2 &= 0,6 \text{ c} \end{aligned}$$

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"/> |

МФТИ.



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 начальной точке

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

$$g t_1^2 H = v_y \cdot 2t_1 = 2gt_1^2 = \cancel{2 \cdot 9,8 \cdot 0,6^2} = \cancel{22,68}$$

$$\cancel{2 \cdot 9,8 \cdot 0,6^2 = 25,92 \text{ м}}$$

$$= \cancel{\frac{2}{3}} \frac{4}{3} h = 7,2 \text{ м.}$$

⑥ Если начнём движение на боковой
мехике, то δCO , связанный со стартом
 $v_x' = v_x + u$. Дальше нужно же изло-
жить. Так как все величины
времён мы рассчитывали из 1 схемы
высотой, то они же изменяются.

⑦ Запишем ур-я на ось X

$$① u_m = 0 \text{ (1 случай)}$$

$$\ell = t_1 \cdot v_x \quad \Rightarrow u = \frac{d}{t_1} = 3 \frac{m}{s}$$

$$\ell + d = t_1(v_x + u) \quad \Rightarrow u = \frac{d}{t_1} = 3 \frac{m}{s}$$

$$\text{Отвем: } u = 7,2 \text{ м}$$

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

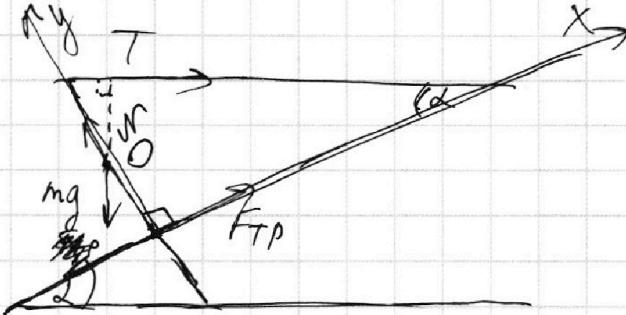
$$u = 3 \frac{m}{s}$$



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



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

② Запишем проекции сил на оси:

$$(1) F_{Tp} + T \cdot \cos \alpha = m g \cdot \sin \alpha$$

$$(2) N = m g \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha$$

③ Запишем ур-е измкнотов трения

ко О, где О - точка приложения F_{Tp} .

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

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

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

$$m g \cdot \sin \alpha = 2 T \cos \alpha$$

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

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

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

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

Ответ: $m = 3,46 \sqrt{3} \text{ кг}$; $F_{Tp} = 34,6 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}$; $\mu \geq \frac{8 \cdot \sqrt{3}}{99} \cdot \left(3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

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

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

\textcircled{3} m. k. P_{\text{так}} - \text{максимальное давление от вспышки}, 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{так}} - \text{Энергия, ушедшая на тепловые потери}; Q_{\text{так}} = P_0 T + \frac{K T^2}{2}, при T = 180 \text{ С}:

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

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

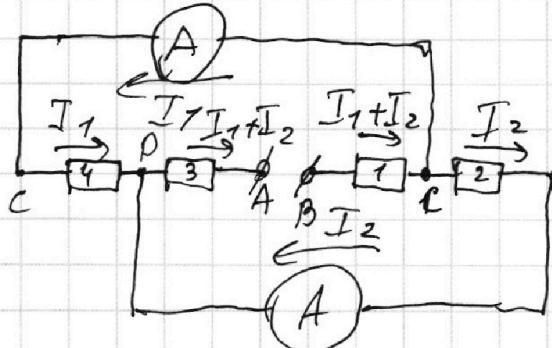
$$\tilde{T}_1 = \tilde{T}_0 + \frac{P_H \cdot T - Q_{\text{так}}}{C \cdot m_b} = 16 + \frac{400 \cdot 180 - 28800}{4200 \cdot 1} = \\ = 16 + 11 = 27^\circ\text{C}$$

Ответ: P_H = 400 \text{ Вт}

$$\tilde{T}_1 = 27^\circ\text{C}$$

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

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



Р.н.к. Сопротивление обеих цепочек председаем из лада, то их можно считать проводами \Rightarrow получаются на них концах однаковы.

2 допустим, что через верхний диод проходит ток I_1 , а через нижний I_2 , тогда через резистор 2 проходит I_2 ; через резистор 1 проходит $I_1 + I_2$; через 4 проходит I_1 и через 3: $I_1 + I_2$.

$$\textcircled{3} \quad \varphi_B - \varphi_A = E, \text{ где } E - \text{ напряжение источника}$$

$$\varphi_A - \varphi_C = R_1(I_1 + I_2)$$

$\varphi_C - \varphi_D = R_2 I_2 = R_4 \cdot I_1$, м.к. по условию загорелася как если бы наибольший ток ($I_1 > I_2$) $\Rightarrow I_1 \neq I_2 \Rightarrow R_2 \neq R_4$; $R_4 < R_2 \Rightarrow R_2 = 60\Omega$

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

$$\textcircled{4} \quad \varphi_B - \varphi_A = E = \varphi_B - \varphi_C + \varphi_C - \varphi_D + \varphi_D - \varphi_A = (R_1 + R_3)(I_1 + I_2) + R_4 I_1 \text{ и } m.k. R_2 = 60\Omega; R_4 = 30\Omega \Rightarrow R_1 + R_3 = 90\Omega$$

$$E = 90 \cdot 3 + 60 \cdot 1 = 330 \text{ В}; P = E \cdot I = 990 \text{ Вт}; \text{ ответ: } \frac{1A}{990\Omega}$$

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"/> |

МФТИ

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

$$180 \cdot 90 = 16200 + 18000 = 28800$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{норм}} &= V_1 \cdot \sin \beta \\ V_{\text{норм}}^2 &= V_1^2 \sin^2 \beta \\ V_{\text{норм}} &= V_1 \cdot \sin \beta \end{aligned}$$

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



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

$$V_{\text{норм}}^2 = V_1^2 \sin^2 \beta + V^2$$

$$V_{\text{норм}}^2 = V_1^2 \sin^2 \beta$$

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

$$13^2 = 169$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 13 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \hline 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 13 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 169 \\ \hline 2843 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$240 \times 12$$

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



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"/> |

МФТИ

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

