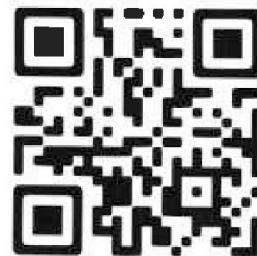


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

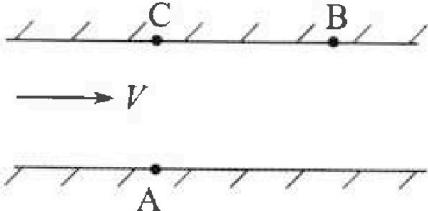
Вариант 09-02



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.

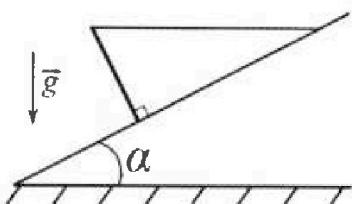
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 покоятся, 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

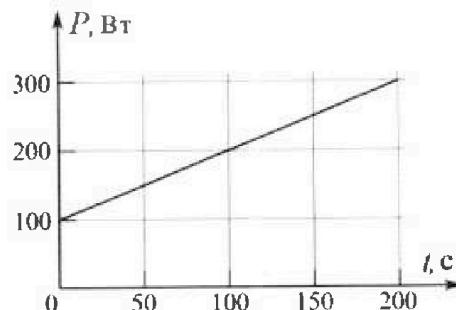
Вариант 09-02

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

4. Воду объемом $V = 1\text{л}$ нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 16^{\circ}\text{C}$. 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 t_1 воды через $T = 180\text{ с}$ после начала нагревания.

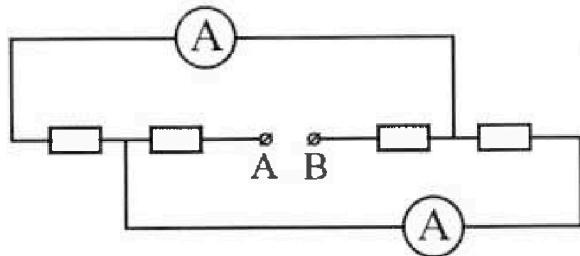
Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.



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?



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

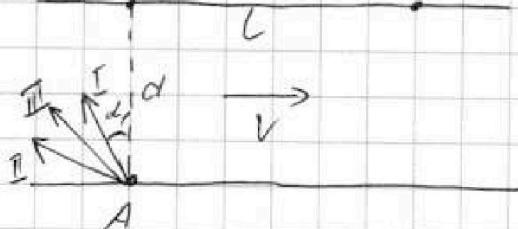
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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



$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{d^2 + l^2} \quad \text{но т. Пифагора}$$
$$AB = \sqrt{50^2 + 120^2} = 10 \sqrt{5^2 + 12^2} = 10 \cdot 13 = 130 \text{ м}$$



Задача № 1

и - скорость пловца относительно земли

I запись

$$u \cos \alpha, T_1 = d$$
$$(V - u \sin \alpha) T_1 = l$$

II запись

$$u \cos \alpha, T_2 = d$$
$$(V - u \sin \alpha) T_2 = l$$

I запись

$$u \cos \alpha = \frac{d}{T_1}$$
$$V - u \sin \alpha = \frac{l}{T_1}$$

II запись

$$u \cos \alpha = \frac{d}{T_2}$$
$$V - u \sin \alpha = \frac{l}{T_2}$$

Заметим, что относительно земли (на борту корабль движется относительно земли) пловец перемещался на $AB = 130 \text{ м}$

$$V_1 = \frac{AB}{T_1} \Rightarrow V_1 = \frac{130}{700} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{AB}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} = 0,542 \text{ м/с}$$



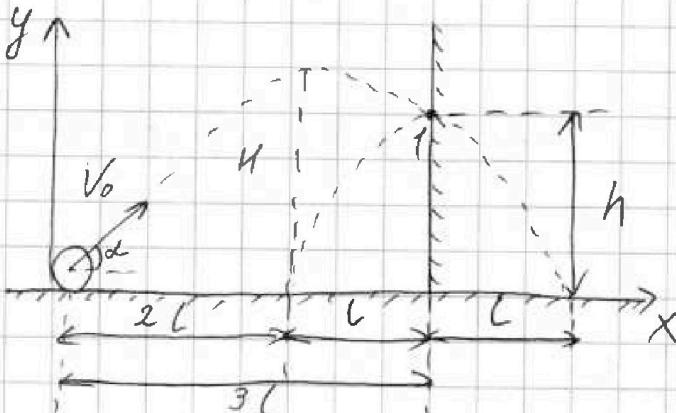
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



Задача № 2

V_0 - начальная скорость

Заметим, что при ударе мяч адекватно упругий, то
и траектории, по которым мяч летел после от-
стока будет симметрична изначальной.

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha$$

T - время движения

$$T = \frac{4L}{V_x} = \frac{4L}{V_0 \cos \alpha} \quad T = \frac{V_y}{g} \cdot 2 = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha = 4Lg \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2Lg}{\sin \alpha \cos \alpha}}$$

$$H = V_y \cdot \frac{1}{2} T - \frac{g T^2}{8} = \frac{1}{2} V_0 \sin \alpha T - \frac{g T^2}{8} = \frac{4L \cdot V_0 \sin \alpha}{8} - \frac{g \cdot \sin^2 \alpha \cdot 2Lg}{2 \cdot \sin \alpha \cos \alpha \cdot g^2} = 2L \tan \alpha - L \tan \alpha = L \tan \alpha$$

Рассмотрим процесс падения с начальной высоты

$$t = \frac{1}{4} T$$

$$\left\{ H - h = \frac{g t^2}{2} = \frac{g T^2}{32} \Rightarrow \frac{g t^2}{2} = H - h \right.$$

$$\left. h = g t \cdot t + \frac{g t^2}{2} = \frac{3}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{3g}} \right)$$

$$h = 3(H - h)$$

$$3H = 4h$$

$$H = \frac{4}{3} h \Rightarrow H = \frac{4}{3} \cdot 5,4 = 4 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ м; } H = 7,2 \text{ м}$$

П.н. $V_x = \text{const}$ \Rightarrow каждый участок I проходит
за одинаковые промежутки времени t

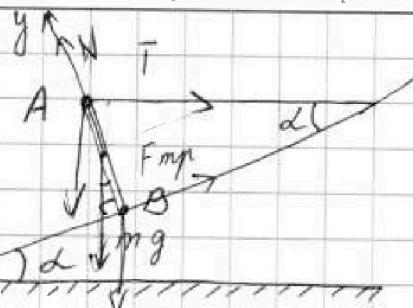
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$(F_{\text{fr}} = \mu N)$$

$$x: mg \cdot \sin \alpha = F_{\text{fr}} + T \cdot \cos \alpha$$

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

$$mg \sin \alpha = \mu N + T \cos \alpha$$

$$mg \cos \alpha + T \sin \alpha = N$$

для m. A

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

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

для m. B

$$F_{\text{fr}} = mg \cdot \sin \alpha$$

$$F_{\text{fr}} = 15 \text{ Н}$$

$\mu_{\min} N = F_{\text{fr}}$ т.к. $\mu \geq \mu_{\min}$ равновесие (последний будет останавливаться)

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\mu_{\min} = \frac{F_{\text{fr}}}{N} = \frac{mg \sin \alpha}{mg \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\mu_{\min} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Ответ: 1) $m = 3 \text{ кг}$

2) $F_{\text{fr}} = 15 \text{ Н}$

3) $\mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$

задача № 3

$$T = 17,3 \text{ Н}$$
$$\alpha = 30^\circ$$

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

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

П.к. тело находится в
равновесии, все его т.
находится в равновесии

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!

№_н- мощность нагревателя

$$P_K = \frac{U^2}{R} \Rightarrow P_K = \frac{100^2}{25} = 400 \text{ Вт}$$

$$V = 1 \text{ л} \Rightarrow M (\text{масса воды}) = V \rho \Rightarrow M = 1 \text{ кг}$$

$$T = 180^\circ \text{C}$$

Заметим, что график $P(T)$ является линейным \Rightarrow
он имеет вид: $y = kx + b$

$$\begin{cases} 100 = 0 \cdot k + b \\ 300 = 200k + b \end{cases}$$

$$b = 100$$

$$k = 1$$

$$y = x + 100$$

тогда в момент времени T , $P(T) = 280 \text{ Вт}$

для нахождения тепла термометра (Q_3) найдем
площадь под графиком

$$Q_3 = \frac{100 + 280}{2} \cdot 180 = 190 \cdot 180 \text{ Дж} \quad Q_3 = \frac{P_0 + P(T)}{2} \cdot T$$

Q_1 - тепло от нагревателя

Q_2 - тепло на нагрев воды

$$Q_1 = P_K T$$

$$Q_2 = C M \cdot (t_1 - t_0)$$

$Q_1 = Q_2 + Q_3$ - условие теплового баланса

$$P_K T = \frac{P_0 + P(T)}{2} \cdot T + C M (t_1 - t_0)$$

$$T \left(\frac{2P_K - P_0 - P(T)}{2} \right) = C M (t_1 - t_0)$$

$$t_1 - t_0 = \frac{T (2P_K - P_0 - P(T))}{2CM} \Rightarrow t_1 = t_0 + \frac{T (2P_K - P_0 - P(T))}{2CM}$$

$$t_1 = 25^\circ \text{C}$$

Ответ: 1) $P_K = 400 \text{ Вт}$

2) $t_1 = 25^\circ \text{C}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

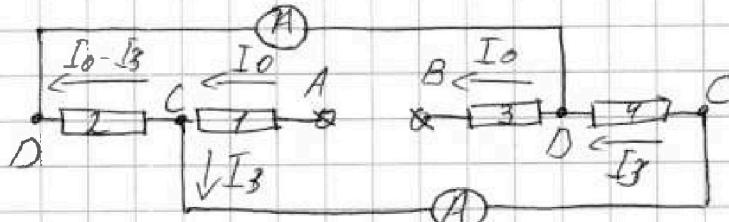
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

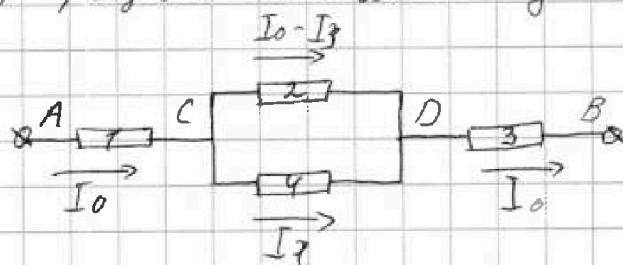
Задача № 5



$$R = 60 \Omega$$

$$r = 30 \Omega$$

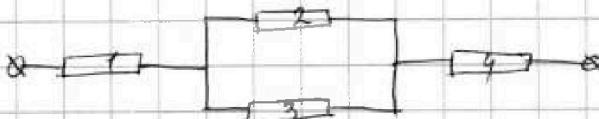
П.к. амперметр не имеет сопротивления \Rightarrow он будет
перемычкой \Rightarrow на концах будут т. равного потенциала
(отмеченных одинаковыми буквами)
Изобразим эквивалентную схему



П.к. резисторы 2 и 4 соединены параллельно
 $(I_0 - I_3)R_2 = R_4 \cdot I_3$

заметим, что I_3 и $(I_0 - I_3)$ показатели токов на
амперметрах \Rightarrow если один из них равен $I_1 = 2A$,
то другой должен быть меньше него, а т.к. отно-
шение сопротивлений равно 2 \Rightarrow и второй ток
меньше первого в 2 раза, т.е. $I_2 = \frac{1}{2} I_1$

$$I_2 = 1A$$



П.к. 2 и 3 имеют разные сопротивления \Rightarrow
R_o - эквивалентное сопротивление

$$R_o = R + r + \frac{Rr}{R+r} \quad R_o = 110 \Omega$$

заметим, что R не зависит от того, где течет
ток I_1 , а где I_2 , получим что $I_0 = 3A \Rightarrow P = I_0^2 R_o = 990 \text{ Вт}$
Ответ: 1) $I_2 = 1A$ 2) $P = 990 \text{ Вт}$



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!

~~Черновик~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



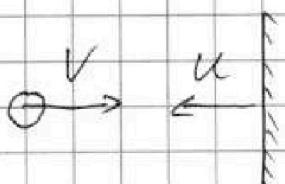
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ

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

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 5,4}{3 \cdot 10}} = 0,6 \text{ с} \Rightarrow t_1 + t = 0,6 \text{ с}$$

Рассмотрим момент абсолютно упругого соударения



В со стеками

$$V' = V + U \quad (\text{после отскока})$$

В со зеркалом

$$V'' = V' + U = V + 2U \quad (\text{после отскока})$$

В изначальной задаче:

$$Vx' = V_1 + 2U, \text{ где } U - \text{скорость стекла}$$

$$Vx = V_1$$

$$\Delta V = 2U$$

$$\cancel{\Delta V t \cdot \pi t} \quad \Delta V t = d \Rightarrow \Delta V = \frac{d}{t} \Rightarrow U = \frac{d}{2t}$$

$$U = 1,5 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: 1) } H = 7,2 \text{ м}$$

$$2) \quad t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$3) \quad U' = 1,5 \text{ м/с}$$

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!

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!

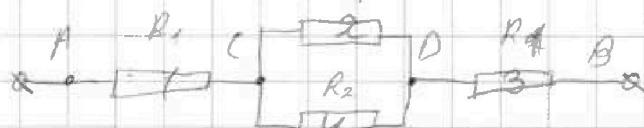
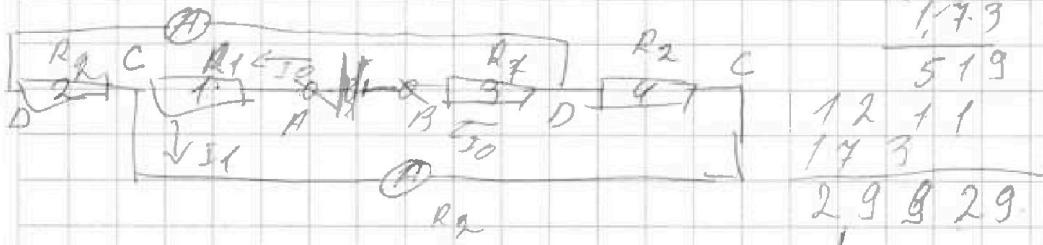
$$\frac{gT^2}{8} = \frac{g \cdot 4 \sin^2 \theta \cdot V_0^2}{38^2} = \frac{g \sin^2 \theta \cdot V_0^2}{28^2} =$$
$$= \frac{g \sin^2 \theta \cdot 216}{\sin \theta \cos \theta} = \frac{6g^2}{\cos^2 \theta} =$$

$$16 = \frac{180 \cdot (400 \cdot 2 - 100 \cdot 280)}{2 \cdot 4200 \cdot 1} = \frac{180 \cdot 420}{2 \cdot 4200} + 16 \quad \textcircled{1}$$

$$800 - 380 = 420$$

$$\frac{\cos \theta_2}{\cos \theta_1} = \frac{U \cos \theta_2}{U \cos \theta_1} = \frac{d \cdot T_1}{T_2 \cdot d} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{10}{29} =$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{18}{2} + 16 < 9 + 16 = 29 = \frac{5}{29}$$



$$\textcircled{3} \quad I_1 R_1 + I_2 R_2 = (I_1 - I_0) R_1$$

$$\frac{d}{T_1} = \frac{50}{700} = 0.5 \quad \frac{l}{T_1} = \frac{120}{100} = 1.2 \quad \textcircled{4}$$

$$\frac{d}{T_2} = \frac{50}{290} \approx 0.206 \quad \frac{l}{T_2} = \frac{120}{290} = 0.5$$

$$\begin{array}{r} 5 | 29 \\ 0 | 0.208 \\ 5 | 0 \\ 4 | 82 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ 192 \\ \hline 80 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$\begin{aligned} & \begin{array}{r} 13 \\ 0 \\ 13 \\ 12 \\ 9 \\ 9 \\ 2 \\ 16 \\ 14 \\ 16 \\ 16 \end{array} \quad \begin{array}{r} 24 \\ 0,5 \\ 4 \\ 16 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \sin \cos d_1 = 0,5 \Rightarrow \cos d_1 = \frac{0,5}{u} \\ V - u \sin d_1 = 1,3 \\ \sin d_1 = \sqrt{1 - \cos^2 d_1} \end{array} \right\} \\ & V - u \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{0,5}{u}\right)^2} = V - u \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{1}{4u^2}\right)} = \\ & = V - u \cdot \sqrt{\frac{4u^2 - 1}{4u^2}} = V - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4u^2 - 1} \\ & 2V - \sqrt{4u^2 - 1} = 2,6 \\ & 2V - 2,6 = \sqrt{4u^2 - 1} \\ & 4u^2 - 1 = \end{aligned}$$

$$60+30+\frac{60 \cdot 30}{60+30}=90+\frac{1800}{90}=90+20=110$$

также

$$I_0 - I_3 = 1$$

$$I_3 = 2$$

$$I_0 = 3$$

$$P = U \cdot I = I^2 R$$

$$I_0 - I_3 = 2$$

$$I_3 = 1$$

$$I_0 = 3$$

$$2 \cdot 18 = 36$$

$$\begin{array}{r} +3 \\ \times 1.8 \\ \hline 92 \end{array} \quad 3,6 : 10 = 0,36$$

$$I_3^2 \cdot 3^2 \cdot 110 = 990 \text{ Вт}$$

$$\frac{1.8}{2 \cdot 0.6} \cdot \frac{18}{2 \cdot 6} = \frac{3}{2} = 1,5$$

$$\begin{array}{r} 0 \\ 6 \\ \times 0 \\ \hline 36 \end{array}$$

