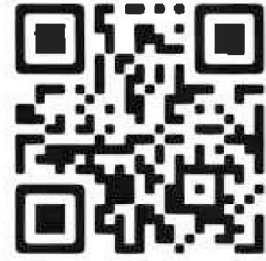




Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

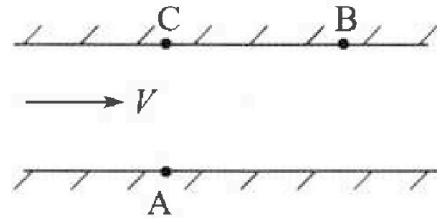
Вариант 09-02

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



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



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

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

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

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

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

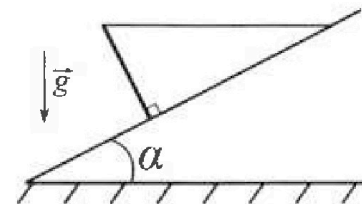
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

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



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



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

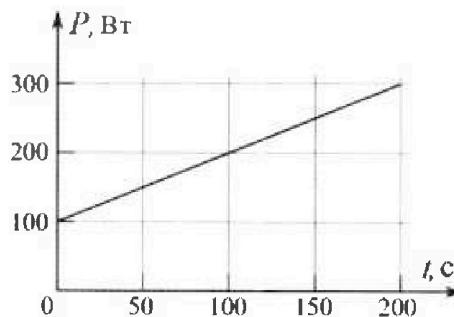
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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

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

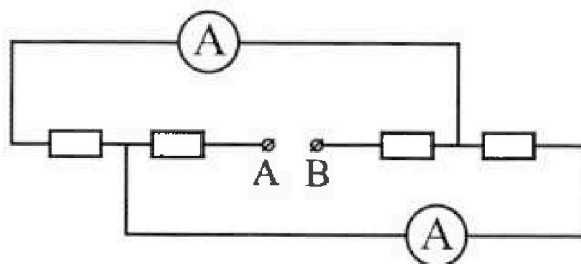
Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг \cdot °C).



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

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

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



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!



Задача №1.

Дано:

$d = 50 \text{ м}$

$L = 120 \text{ м}$

$T_1 = 100 \text{ с}$

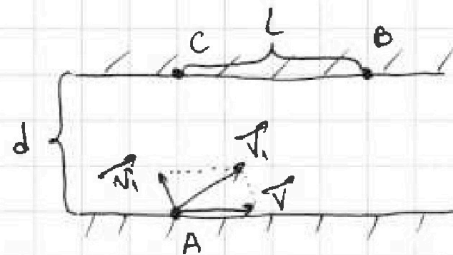
$T_2 = 240 \text{ с}$

1) $V_1 - ?$

$V_2 - ?$

2) $V - ?$

3) $S - ?$



\vec{v}_1 - скорость течения
к downstream с.о.

(1 задание)

\vec{v}_2 - скорость течения к
downstream с.о (2 задание)

$\vec{V}_1 = \vec{v}_1 + \vec{V}$ $v_1 = v_2$

$\vec{V}_2 = \vec{v}_2 + \vec{V}$

1) ~~1) $V_{1x} = \frac{L}{T_1} = \frac{120}{100} = 1,2 \text{ (м/с)}$~~

$V_{1y} = \frac{d}{T_1} = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ (м/с)}$

$V_{2x} = \frac{L}{T_2} = \frac{120}{240} = 0,5 \text{ (м/с)}$ $V_{2y} = \frac{d}{T_2} = \frac{50}{240} = \frac{5}{24} \text{ (м/с)}$

$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \sqrt{1,2^2 + 0,5^2} = \sqrt{1,44 + 0,25} = \sqrt{1,69} = 1,3 \text{ (м/с)}$

$V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \sqrt{0,5^2 + \left(\frac{5}{24}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{25}{24^2}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 6 \cdot 4 + 25}{24^2}} = \sqrt{\frac{169}{24^2}} = \frac{13}{24} \text{ (м/с)}$

Ответ: 1) $V_1 = 1,3 \text{ м/с}$; 2) $V_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

Задача №2.

Дано:

$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице.

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Задача №3.

Дано:

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

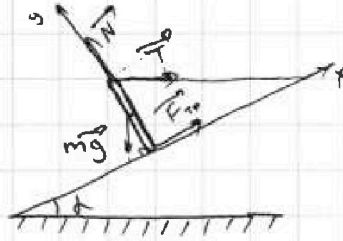
$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) m - ?

2) $F_{\text{тр}}$ - ?

3) μ - ?



Стержень однородный - mg располагается в его середине.

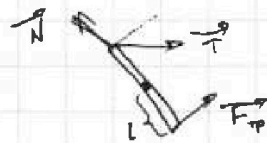
Второй закон Ньютона:

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

$$OX: \cos \alpha \cdot T + F_{\text{тр}} - \sin \alpha \cdot mg = 0$$

$$OY: N - \sin \alpha \cdot T - \cos \alpha \cdot mg = 0$$

Стержень в данном случае - не равномерная масса, но не можем предположить его равномерный. Принимаем равномерное поле. Точка опоры будет в середине стержня:



Возвращаясь к стержню можно считать что $F_{\text{тр}}$ и $T \cdot \cos \alpha$.

Стержень не вращается $\Rightarrow F_{\text{тр}} \cdot l = T \cdot \cos \alpha \cdot l$

$$F_{\text{тр}} = T \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha \cdot T + \cos \alpha \cdot T - \sin \alpha \cdot mg = 0$$

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

$$\Rightarrow m = \frac{2 \cos \alpha T}{\sin \alpha g}$$

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

$$1) m = \frac{2 \cdot \cos 30^\circ \cdot 17,3}{\sin 30^\circ \cdot 10} = \frac{\sqrt{3} \cdot 17,3 \cdot 2}{10} \approx 1,73 \cdot 1,73 \cdot 2 \approx 3 \cdot 2 = 6 \text{ (кг)}$$

$$2) F_{\text{тр}} = T \cdot \cos \alpha = 17,3 \cdot \cos 30^\circ = 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 1,73 \cdot 10 \cdot 1,73 \cdot 0,5 \approx 3 \cdot 5 \approx 15 \text{ (Н)}$$

$$3) F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$N = \sin \alpha \cdot T + \cos \alpha \cdot mg = \sin 30^\circ \cdot 17,3 + \cos 30^\circ \cdot 6 \cdot 10 \approx \frac{1}{2} \cdot 17,3 + 1,73 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 10 = \frac{1}{2} \cdot 17,3 + 17,3 \cdot 3 = 17,3(0,5 + 3) = 17,3 \cdot 3,5 \approx 60,55 \text{ (Н)}$$

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{15}{60,55} \approx \frac{1}{4} \approx 0,25.$$

Ответ: 1) $m = 6 \text{ кг}$; 2) $F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$; 3) $\mu = 0,25$.

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!



Задача №4.

Дано:

$$V = 1 \text{ л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180 \text{ с}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

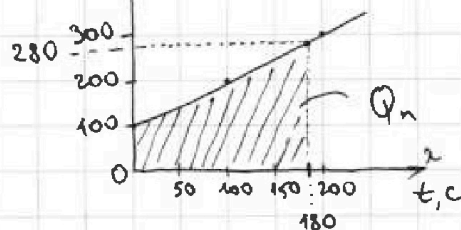
1) $P_n = ?$

2) $t_1 = ?$

$$P = IU = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

$$1) P_n = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = \frac{100 \cdot 100}{25} = 400 \text{ (Вт)}$$

2) $P, \text{ Вт}$



$y = x + 100$
формула прямой

Q_n - площадь под графиком

A_n - работа по нагреванию

$$A_n = P_n T$$

Q_b - количество, необходимое, чтобы нагреть

$$Q_b = cm\Delta t = cm(t_1 - t_0) = c\rho V(t_1 - t_0)$$

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow A_n - Q_n = Q_b$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 152 \\ \hline 719 \\ \hline 342 \end{array}$$

$$Q_n \text{ (площадь под графиком)} = \frac{100 + 280}{2} \cdot 180 = \frac{380}{2} \cdot 180 = 19 \cdot 18 \cdot 100 = 34200 \text{ (Дж)}$$

$$P_n T - Q_n = c\rho V(t_1 - t_0)$$

$$P_n T - Q_n = c\rho V t_1 - c\rho V t_0$$

$$t_1 = \frac{P_n T - Q_n + c\rho V t_0}{c\rho V}$$

$$t_1 = \frac{400 \cdot 180 - 34200 + 4200 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 16}{4200 \cdot 10^{-3} \cdot 1000} = \frac{400 \cdot 180 - 34200 + 4200 \cdot 16}{4200}$$

$$= \frac{72000 - 34200 + 67200}{4200} = \frac{105000}{4200} = \frac{1050}{42} =$$

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

Ответ: 1) $P_n = 400 \text{ Вт}$ 2) $t_1 = 25^\circ \text{C}$

$$\begin{array}{r} \times 18 \quad \times 42 \\ 72 \quad + \quad 252 \\ \hline 672 \end{array} \quad \begin{array}{r} - 67200 \\ 34200 \\ \hline 33000 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



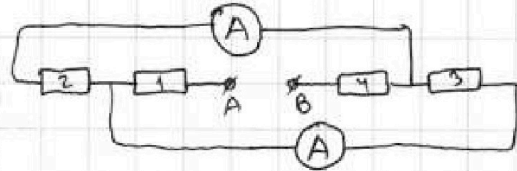
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача N5

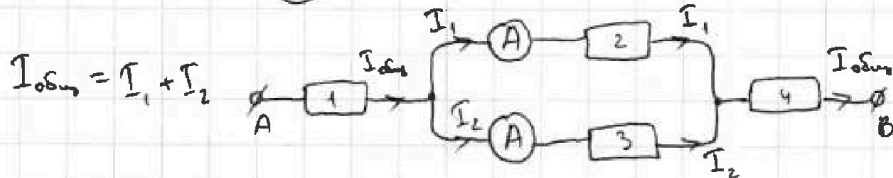
Дано:

$R_1 = 30 \text{ Ом}$
 $R_2 = 60 \text{ Ом}$
 $I_1 > I_2$
 $I_1 = 2 \text{ А}$

- 1) $I_2 = ?$
- 2) $P_{\text{общ}} = ?$

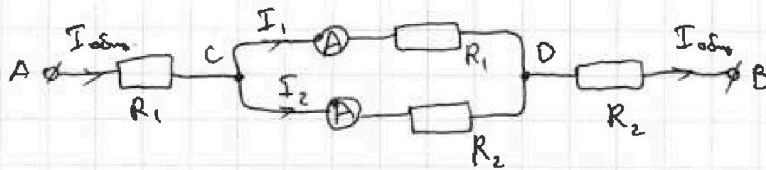


Упростим схему:



Есть 2 вида резисторов. Если $I_1 > I_2$, значит резистор 2 - R_1 ; резистор 3 - R_2 .

Основано два резистора одного резистора. Тут уже неважно, как их из насчитали, пусть резистор 1 - R_1 , резистор 4 - R_2 (если из насчитали не так, давайте загорим и извернем). Основная схема:



1) $U_{\text{сд}} = I_1 \cdot R_1 = 2 \cdot 30 = 60 \text{ (В)}$

$I_2 = \frac{U_{\text{сд}}}{R_2} = \frac{60}{60} = 1 \text{ (А)}$

Закон Ома: $I = \frac{U}{R}$

Формула для мощности:
 $P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

2) $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 = 2 + 1 = 3 \text{ (А)}$

$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 30 + 60 + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = 90 + \frac{30 \cdot 60}{90} = 110 \text{ (Ом)}$

~~$P_{\text{общ}} = I_{\text{общ}}^2 \cdot R_{\text{общ}} = 3^2 \cdot 110 = 9 \cdot 110 = 990 \text{ (Вт)}$~~

$P_{\text{общ}} = I_{\text{общ}}^2 \cdot R_{\text{общ}} = 3^2 \cdot 110 = 9 \cdot 110 = 990 \text{ (Вт)}$

Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ А}$; 2) $P = 990 \text{ Вт}$.



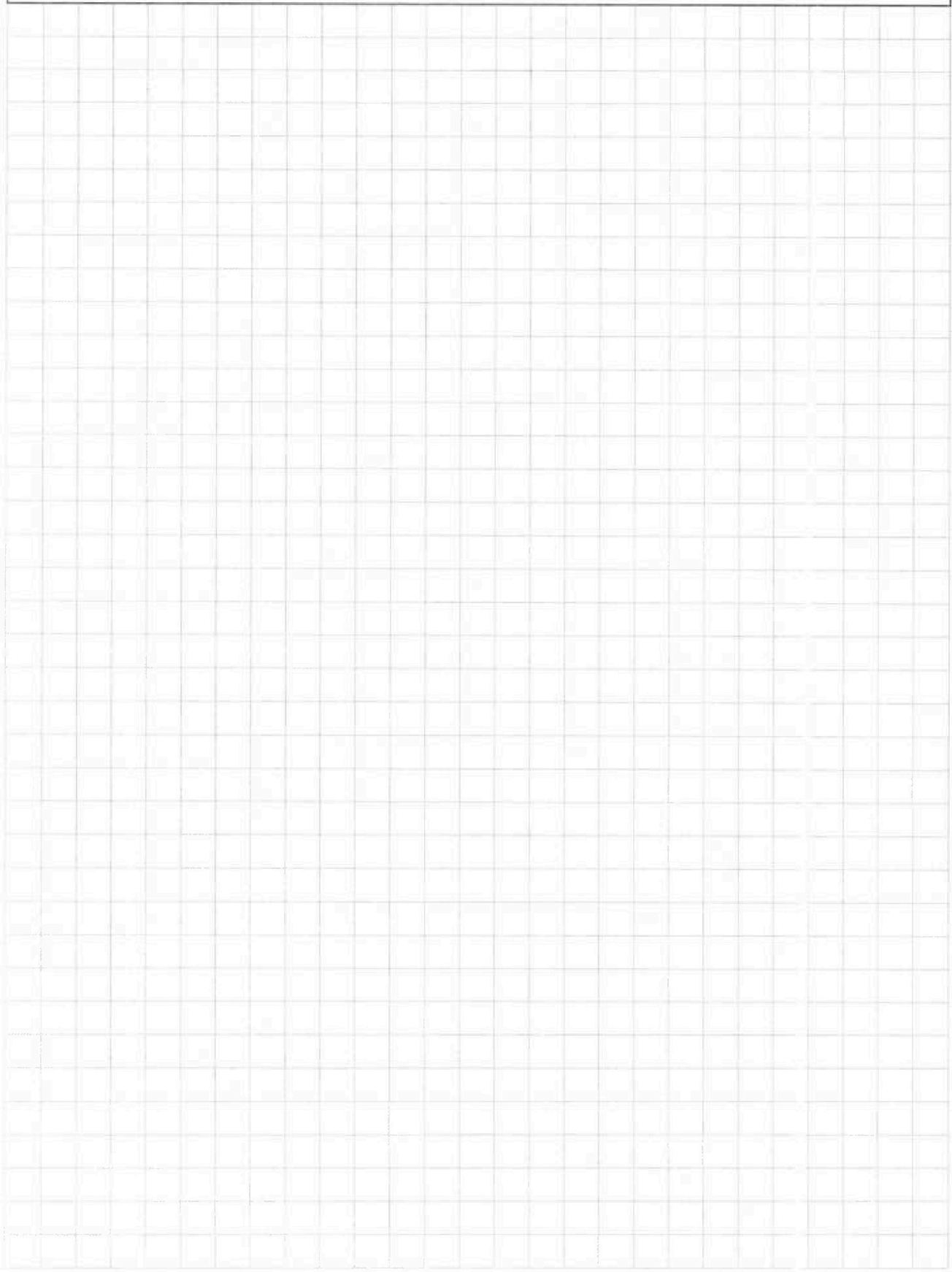
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



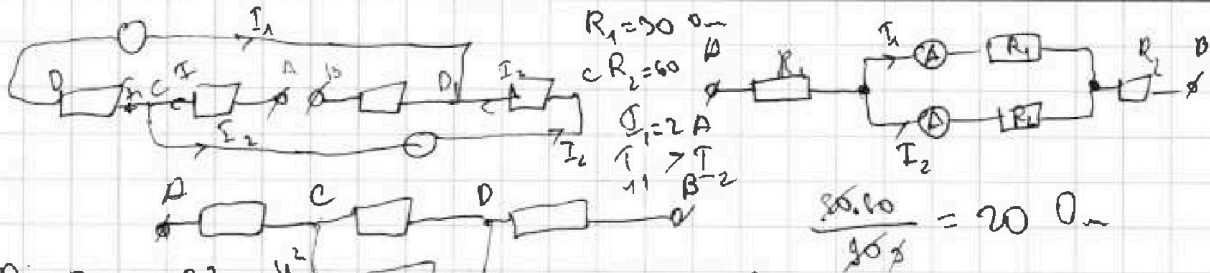
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице: *Черновик*

- 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!



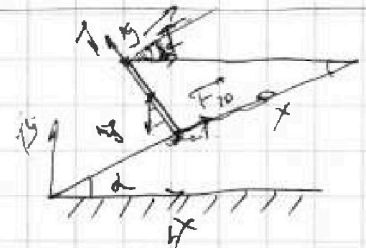
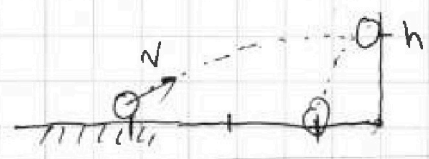
$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

$$R = \frac{U}{I} \quad U = RI$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R_{\text{общ}} = 110 \text{ Ом}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{60}{60} = 1 \text{ А}$$



$$\vec{N} + \vec{T} + \vec{mg} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{0}$$

$$Ox: \cos \alpha \cdot T + F_{\text{тр}} - \sin \alpha \cdot mg = 0$$

$$Oy: N - \sin \alpha \cdot T - \cos \alpha \cdot mg = 0$$

$$\cos \alpha \cdot T + \mu mg - \sin \alpha \cdot mg = 0$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} = \vec{N} + \vec{T} \quad Ox: F_{\text{тр}} = 16 \rightarrow 8$$

$$N = \frac{17.3}{2} \approx 8.65 = 8 + 0.65 \approx 8.65 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = T \cdot \cos 30^\circ = T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$2T \cdot \cos 30^\circ = \sin 30^\circ mg$$

$$\cos 30^\circ mg = 0$$

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

$$m = \frac{2 \cos \alpha T}{\sin \alpha g} = \frac{\sqrt{3} \cdot 17.3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{0.5 \cdot 10} = 2$$

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

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

173
173

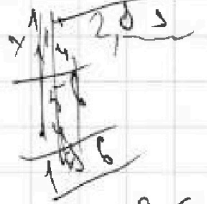
519
1211
173

29929

173
173

1211
173

2941



173}

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

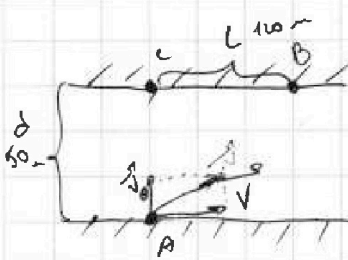
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

Черновик

МФТИ

- 1 2 3 4 5 6 7

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

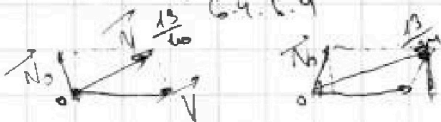


$T_1 = 100 \text{ c}$
 $T_2 = 240 \text{ c}$

$\frac{50}{V_y} = 100$
 $V_y = 0,5 \text{ м/с}$
 $V_x = \frac{L}{T} = \frac{100}{100} = 1,2$
 $\frac{5}{24} = \frac{5}{3 \cdot 8}$

$V_1 \frac{d}{L_1} = \frac{d^2}{T_1^2} = \frac{50^2}{100^2} = \frac{5}{24} \text{ м/с}$
 $V_2 \frac{L}{T_2} = \frac{100}{240} = 0,5 \text{ м/с}$

$N_1 = \sqrt{V_y^2 + V_x^2} = \sqrt{0,5^2 + 1,2^2} = \sqrt{0,25 + 1,44} = \sqrt{1,69} = 1,3 \text{ м/с}$
 $N_2 = \sqrt{V_y^2 + V_{r2}^2} = \sqrt{\left(\frac{5}{24}\right)^2 + 0,25} = \sqrt{\frac{25}{24 \cdot 24} + \frac{1}{1}} = \sqrt{\frac{25 + 6 \cdot 4 \cdot 6}{6^2 \cdot 4^2}} = \sqrt{\frac{25 + 144}{24^2}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$



$\vec{a} - \vec{b} = a_1 - b_1, \quad \& a_2 - b_2$

$\vec{N} = \vec{N}_0 + \vec{V}$
 $\vec{V} = \vec{N} - \vec{N}_0$

$N_{0x} = \sqrt{N_x^2 + N_y^2} = \sqrt{1,2^2 + 0,5^2}$
 $N_{0y} = \sqrt{N_{0x}^2 + N_{0y}^2} = \sqrt{1,44 + 0,25} = 1,65$

$\vec{N}_1 - \vec{N}_{01} = \vec{N}_2 - \vec{N}_{02}$
 $1,2 - N_{01x} = 0,5 - N_{02x}$

$0,5 - N_{01y} = \frac{5}{24} - N_{02y}$
 $N_{01x}^2 + N_{01y}^2 = N_{02x}^2 + N_{02y}^2$
 $N_{01x} - N_{02x} = 1,2 - 0,5 = 0,7$
 $N_{01y} - N_{02y} = \frac{5}{24} - \frac{1}{2} = \frac{1 \cdot 12 - 12}{24} = -\frac{11}{24}$
 $N_{01x} = 0,7 + N_{02x}$
 $N_{01y} = N_{02y} - \frac{11}{24}$

$N_{01x}^2 - N_{02x}^2 = N_{02y}^2 - N_{01y}^2$
 $0,7(N_{01x} + N_{02x}) = -\frac{11}{24}(N_{01y} + N_{02y})$
 $0,7(0,7 + N_{02x} + N_{02x}) = -\frac{11}{24}(N_{02y} - \frac{11}{24} + N_{02y})$

$N_{1x} - \cos \alpha_1 \cdot N_0 = V$
 $N_{2x} - \cos \alpha_2 \cdot N_0 = V$
 $N_{y1} - N_{y2} = 0 \quad - N_{y1} = N_{y2} = N_0 \cdot \sin \alpha$

$0,7(2N_{02x} + 0,7) = -\frac{11}{24}(-\frac{11}{24} + N_{02y})$
 $1,4N_{02x} + 0,49 = \frac{121}{24^2} - \frac{11}{24}N_{02y}$
 $1,4N_{02x} + 0,49 = \frac{49 - 11 \cdot 24}{24^2} N_{02y}$
 $1,4N_{02x} + 0,49 = -\frac{119}{24^2} N_{02y}$

$0,5 = N_0 \cdot \sin \alpha_1 = N_0 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_1}$
 $1,2 = V + \cos \alpha_1 \cdot N_0$
 $0,5 = V + \cos \alpha_2 \cdot N_0$
 $\frac{5}{24} = N_0 \cdot \sin \alpha_2$
 $0,25 = N_0^2 (1 - \cos^2 \alpha_2)$

$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$
 $0,25 = N_0^2 - N_0^2 \cos^2 \alpha_1$

$V_{\text{пр}} = N \sin \alpha$
 $N = \frac{V_{\text{пр}}}{\sin \alpha}$
 $\frac{5}{24} = \frac{V_{\text{пр}}}{\sin \alpha}$
 $\frac{5}{24} = \frac{V_{\text{пр}}}{\frac{5}{24}}$
 $V_{\text{пр}} = 5$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

Черновик

МФТИ

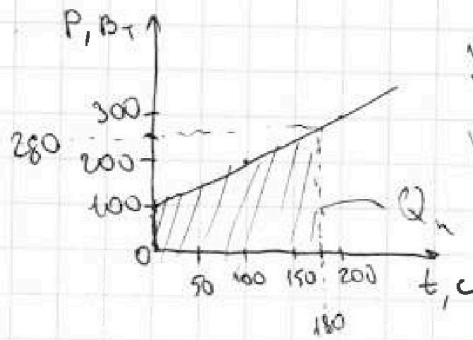
- 1 2 3 4 5 6 7

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



$$1 \text{ м} = 1 \text{ км}^2 = 0,001 \text{ м}^2$$

$$\Delta P = p \left(\frac{t}{r} + \dots \right)$$



$$y = x + 100$$

$$p = t + 100$$

$$100 + t \cdot 1$$

$$PT = A_n \cdot t$$

$$A_n - Q_n = Q_w$$

718

15

$$150 \cdot 40 \quad 150$$

$$1820 = 360 \rightarrow 18 \rightarrow 342$$

$$\begin{array}{r} 1050 \quad | \quad 42 \\ 84 \quad | \quad 24 \\ \hline 210 \end{array}$$

$$G \quad \begin{array}{r} 15 \times 25 \\ \hline 50 \\ 10 \end{array}$$



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!

