



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

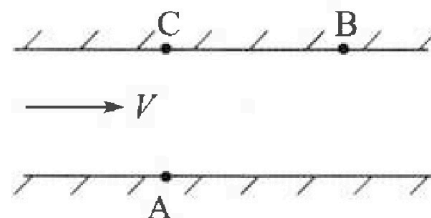
Вариант 09-02

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.

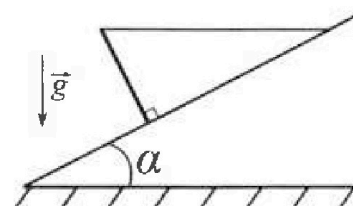
2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

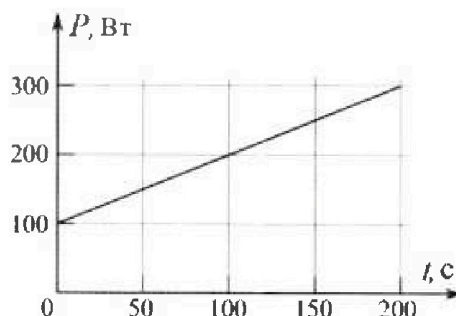
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.



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

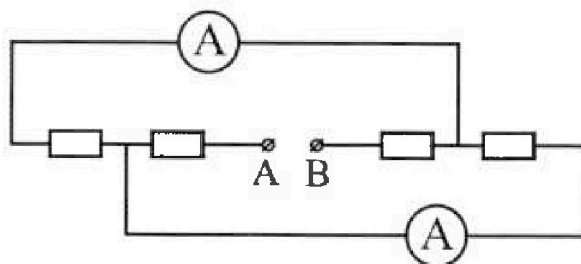
Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$).



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. 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:

$$d = 50 \text{ м}$$

$$L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

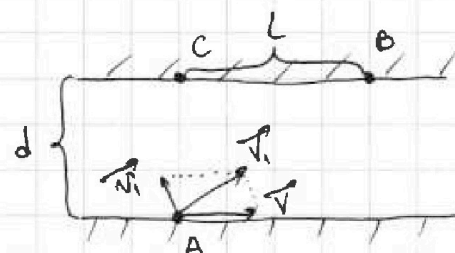
$$T_2 = 240 \text{ с}$$

1) $V_1 - ?$

$V_2 - ?$

2) $V - ?$

3) $S - ?$



$\vec{v}_1$ - скорость лодки
к противоположн. с.б.

(1 задание)

$\vec{v}_2$ - скорость лодки к
противоположн. с.б. (2 задание)

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

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

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

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

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

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

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

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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐



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

Задача 12.

Dano:

$$h = 5,7 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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 №3.

Дано:

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

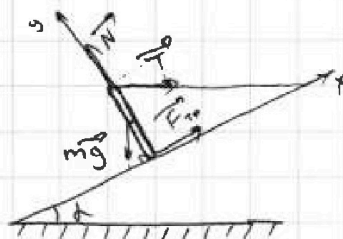
$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) m - ?

2) $F_{\text{тр}}$ - ?

3) μ - ?



Стержень однородный — mg сосредоточена в его середине.

Второй закон Ньютона:

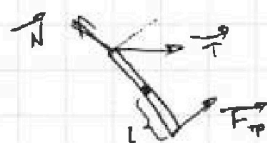
$$\vec{N} + \vec{T} + \vec{mg} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{0}$$

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

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

Стержень в данном случае — не материальная точка, но не можем пренебречь его размерами.

Применим правило моментов. Пусть ось будет в середине стержня:



Возьмем стержень почти полностью как $F_{\text{тр}}$ и $T \cdot \cos \alpha$.

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

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

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

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

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

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

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

$$3) F_{\text{тр}} = \mu N$$

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

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

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:

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

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

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

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

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

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

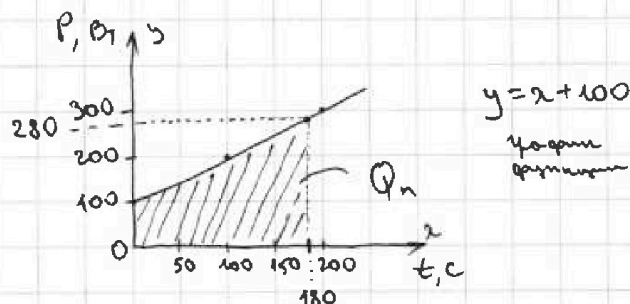
1) $P_n = ?$

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)



Q_n - количество теплоты

A_n - работа электрического тока

$$A_n = P_n T$$

Q_k - количество теплоты, необходимое для нагрева

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{72000 - 34200 + 67200}{4200} = \frac{50000 + 72000}{4200} = \frac{1050}{42} =$$

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

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

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

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 72 \\ \times 16 \\ 252 \\ \hline 672 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 67200 \\ 34200 \\ \hline 33000 \end{array}$$

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 №5.

Дано:

$$R_1 = 30 \text{ Ом}$$

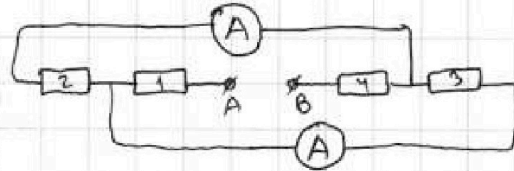
$$R_2 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_1 > I_2$$

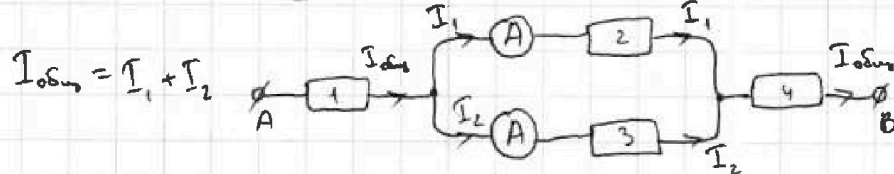
$$I_1 = 2 \text{ А}$$

1) $I_2 = ?$

2) $P_{\text{общ}} = ?$

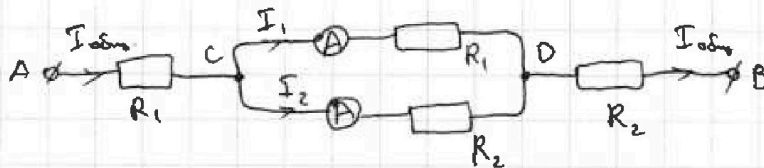


Упрощенная схема:



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

Основная бага резистора номинального резистора. Тут уже неважно, как мы их соединили, только резистор 1 - R_1 , резистор 4 - R_2 (если их соединить иначе, решение задачи не изменится). Основательная схема:



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

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

Знаем Ом: $I = \frac{U}{R}$

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

☐

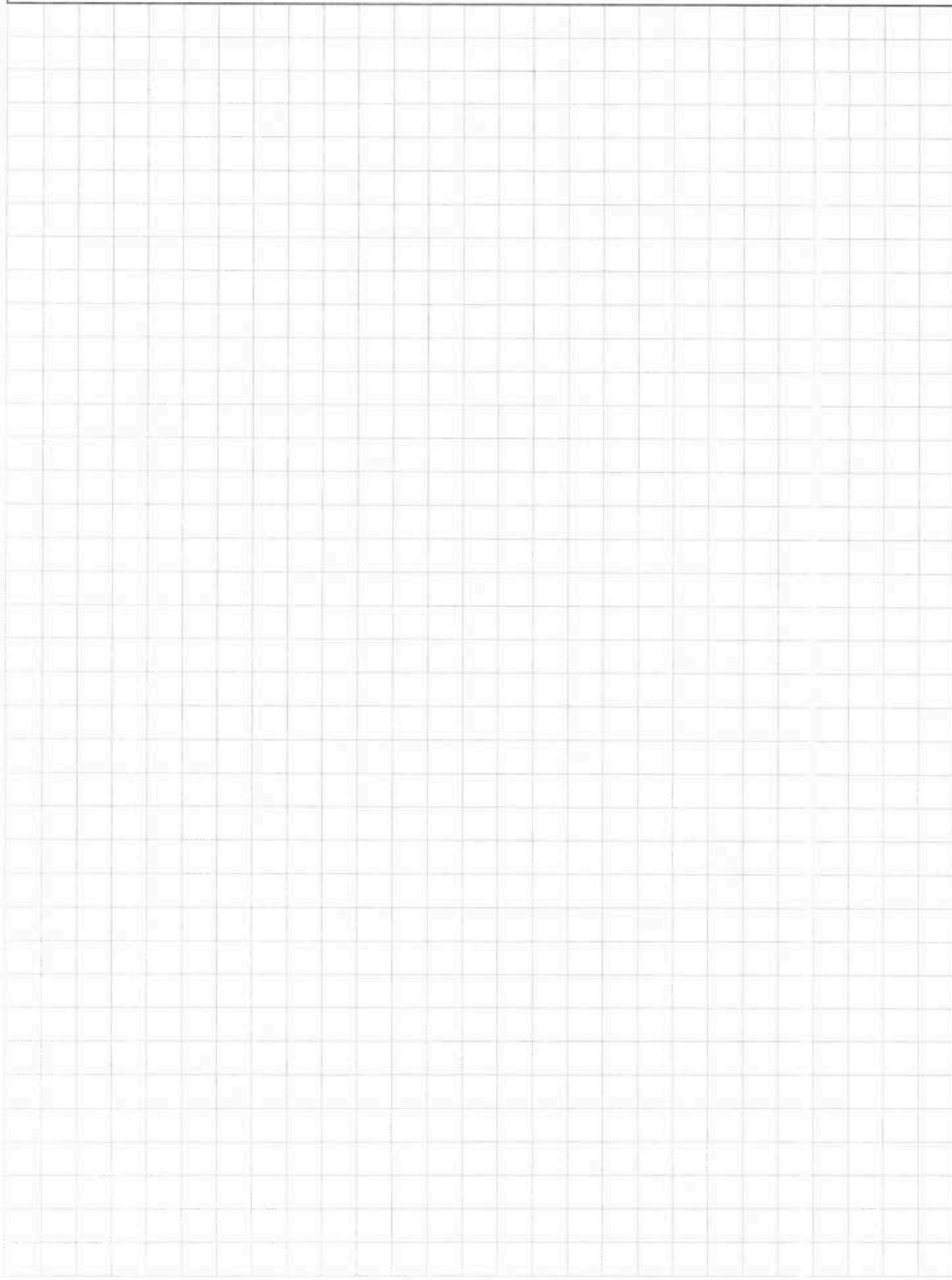
6

☐

7

☐

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



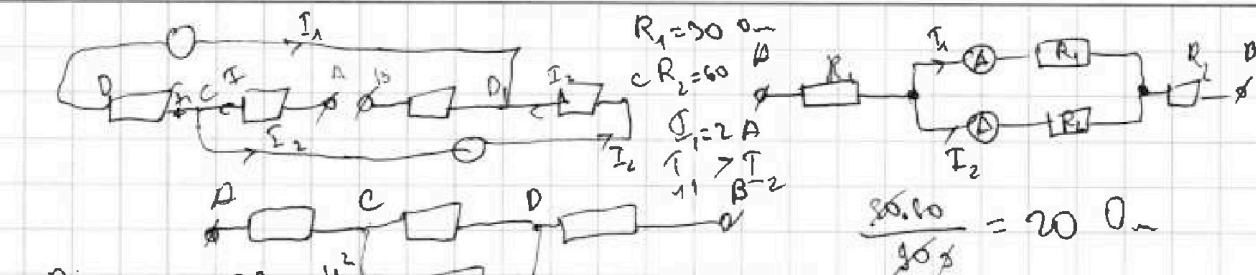
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



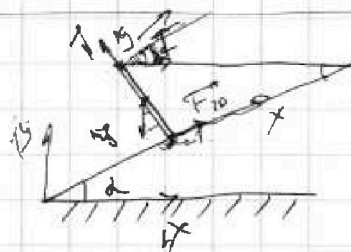
$$P = I_1 U = I_1^2 R = \frac{U^2}{R}$$

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

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

$$I_2 = \frac{U_1}{R_2} = \frac{60}{60} = 1 \text{ A}$$

$$R_{\text{доп}} = 110 \text{ Ohm}$$



$$\vec{N} + \vec{T} + \vec{mg} + \vec{F}_{10} = \vec{0}$$

$$OX: \cos \alpha \cdot T + F_{10} - \sin \alpha \cdot mg = 0$$

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

$$\cos \alpha \cdot T + 110 - \sin \alpha \cdot mg = 0$$

$$\vec{F}_{10} = \vec{N} + \vec{T} \quad OX: F_{10} =$$

$$N = \frac{173}{2} \approx 86.5 = 8 + 0.65 \approx 8.65 \text{ H}$$

$$F_{10} = T \cdot \cos 30^\circ = T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} \times 173 \\ 173 \\ \hline 519 \\ 1211 \\ 173 \\ \hline 29929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 173 \\ 173 \\ \hline 1211 \\ 173 \\ \hline 2941 \end{array}$$

$$17 \cdot 17.3 \cdot 2$$

$$17.3 \cdot 3$$

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

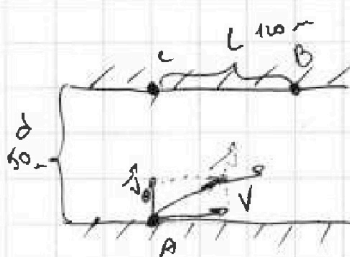
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

черновик



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

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

$$\frac{50}{V_y} = 100$$

$$V_y = 0,5 \text{ м/с}$$

$$V_x = \frac{L}{T_1} = \frac{100}{100} = 1,2 \text{ м/с}$$

$$\frac{5}{24} = \frac{V_x}{V}$$

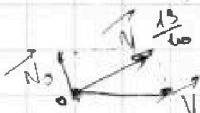
$$V_y \cdot \frac{20}{T_2} = \frac{d^2}{T_2^2} = \frac{50^2}{240^2} = \frac{5}{24} \text{ м/с}$$

$$V_y \cdot \frac{L}{T_2} = \frac{100}{240} = 0,5 \text{ м/с}$$

$$V_1 = \sqrt{V_y^2 + V_x^2} = \sqrt{0,5^2 + 1,2^2} = \sqrt{0,25 + 1,44} = \sqrt{1,69} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \sqrt{V_y^2 + V_x^2} = \sqrt{\left(\frac{5}{24}\right)^2 + 0,25} = \sqrt{\frac{25}{24 \cdot 24} + \frac{1}{1}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{\frac{25 + 6 \cdot 4 \cdot 6}{6 \cdot 4 \cdot 24}} = \sqrt{\frac{25 + 144}{6 \cdot 2 \cdot 4^2}} = \sqrt{\frac{169}{24^2}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$



$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a}_1 - \vec{b}_1 \quad \& \quad \vec{a}_2 - \vec{b}_2$$

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

$$\vec{V}_1 - \vec{V}_2 = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$$

$$1,2 - V_{0x} = 0,5 - V_{0x}$$

$$0,5 - V_{0y} = \frac{5}{24} - V_{0y}$$

$$V_{01x}^2 + V_{01y}^2 = V_{02x}^2 + V_{02y}^2$$

$$V_{01x} - V_{02x} = 1,2 - 0,5 = 0,7$$

$$V_{02y} - V_{01y} = \frac{5}{24} - \frac{1}{2} = \frac{1,2 - 5}{24} = -\frac{3,8}{24}$$

$$V_{01x} = 0,7 + V_{02x}$$

$$V_{01y} = V_{01y} - \frac{3,8}{24}$$

$$V_{01} = \sqrt{V_{01x}^2 + V_{01y}^2} = \sqrt{V_{02x}^2 + V_{02y}^2}$$

$$V_{01x}^2 + V_{01y}^2 = V_{02x}^2 + V_{02y}^2$$

$$V_{01x}^2 - V_{02x}^2 = V_{02y}^2 - V_{01y}^2$$

$$0,7(V_{01x} + V_{02x}) = -\frac{3,8}{24}(V_{01y} + V_{02y})$$

$$0,7(0,7 + V_{02x} + V_{02x}) = -\frac{3,8}{24}(V_{01y} + V_{02y})$$

$$0,7(2V_{02x} + 0,7) = -\frac{3,8}{24}(-\frac{3,8}{24} + V_{02y})$$

$$1,4V_{02x} + 0,49 = \frac{14,44}{24^2} - \frac{3,8}{24}V_{02y}$$

$$1,4V_{02x} + 0,49 = \frac{14,44 - 3,8 \cdot 24}{24^2} V_{02y}$$

$$1,4V_{02x} + 0,49 = -\frac{119}{24^2} V_{02y}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$0,5 = V_0 \cdot \sin \alpha_1 = V_0 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_1}$$

$$1,2 = V + \cos \alpha_1 \cdot V_0$$

$$0,5 = V + \cos \alpha_2 \cdot V_0$$

$$\frac{5}{24} = V_0 \cdot \sin \alpha_2$$

$$0,25 = V_0^2 (1 - \cos^2 \alpha_1)$$

$$0,25 = V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha_1$$

Составим систему уравнений

$$\begin{cases} 1,4V_{02x} + 0,49 = -\frac{119}{24^2} V_{02y} \\ \frac{5}{24} = V_0 \sin \alpha_2 \end{cases}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

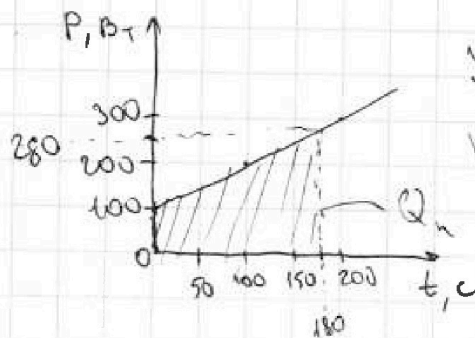
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик

МФТИ

$$1 \text{ м} = 1 \text{ м}^3 = 0,001 \text{ м}^3$$

$$\Delta P = p(t, \dots)$$



$$y = x + 100$$

$$p = t + 100$$

$$100 + t \cdot 1$$

$$PT = A_n$$

$$A_n - Q_n = Q_b$$

718

15

$$150 \cdot 40 \quad 150 \\ 1820 - 360 \rightarrow 1460 \rightarrow 342$$

$$\begin{array}{r} 1050 \\ 89 \\ \hline 210 \end{array} \quad \begin{array}{r} 42 \\ 25 \\ \hline \end{array}$$

$$G \quad \begin{array}{r} 15 \cdot 25 \\ 42 \\ \hline 50 \\ 10 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

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

