

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



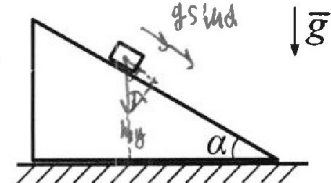
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=4T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

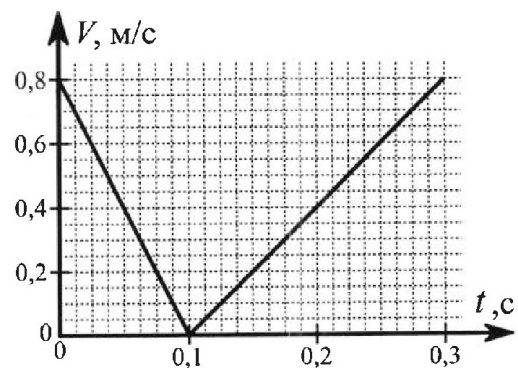
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту H полета.
2. Найдите горизонтальную дальность S полета.
3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,2$ кг, масса клина $2m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль $F_{тр}$ наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,3$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





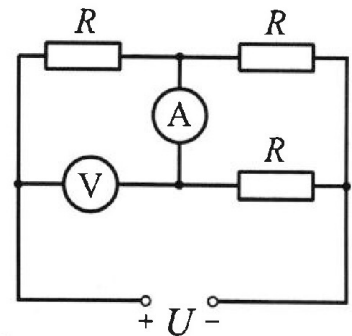
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 100$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 30$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание U_V вольтметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$, помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды $n = 9/7$.

1. Найдите долю δ массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру t_2 льда.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☒

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

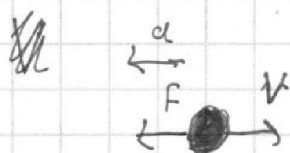
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1. Дано: $m = 0,2 \text{ кг}$; $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$; $V_0 = 4 \text{ м/с}$; $T = 2 \text{ с}$ $\left\{ \begin{array}{l} S(4T) = ? \\ F = ? \\ A(t) = ? \end{array} \right.$



$$V_x(t) = V_0 - \frac{V_0}{T} t \quad a = \frac{V_0}{T} = \frac{4 \text{ м/с}}{2 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$V_x(t) = V_0 - at$$

$$F = ma = 0,2 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с}^2 = 0,4 \text{ Н}$$

$$S(4T) = S(0-T) + S(T-4T) \quad \frac{0^2 - V_0^2}{-2a} = \frac{-V_0^2}{-2a} = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = \frac{16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \text{ м/с}^2} = 4 \text{ м}$$

$$S(0-T) = \frac{0^2 - V_0^2}{-2a} = \frac{-V_0^2}{-2a} = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = \frac{16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \text{ м/с}^2} = 4 \text{ м}$$

$$S(T-4T) = \frac{(3V_0)^2 - 0^2}{2a} = \frac{9V_0^2}{2a} = \frac{9 \cdot 16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = \frac{9 \cdot 16 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \text{ м/с}^2} = 9 \cdot 4 \text{ м} = 36 \text{ м}$$

$$S(4T) = 4 \text{ м} + 36 \text{ м} = 40 \text{ м}$$

$$A = \vec{S}(T) \cdot \vec{F} = 4 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ Н} = 1,6 \text{ Дж} = 1,6 \text{ Дж}$$

Ответ: $S(4T) = 40 \text{ м}$

$$F = 0,4 \text{ Н}$$

$$A = 1,6 \text{ Дж}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~$$16 \cdot \frac{(2000)^2}{1991}$$~~

$$= \frac{16 \cdot \left(\frac{2000}{1991}\right)^2}{16} \text{ м} = \frac{16 \cdot \frac{4000000}{39241}}{16} = \frac{16 \cdot 400000}{39241} \text{ м} = \frac{6400000}{39241} \text{ м}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$; $S =$ ~~$\frac{6400000}{39241} \text{ м}$~~ $R = \frac{6400000}{39241} \text{ м}$.

$40 \frac{134}{1991} \text{ м}$



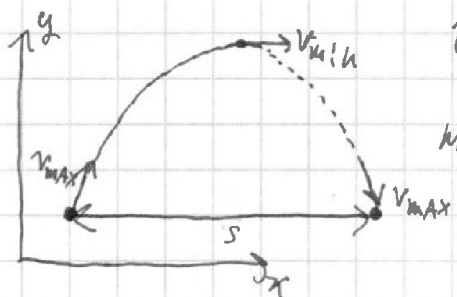
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

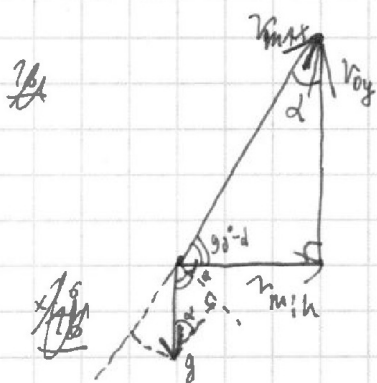
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2. Дано: $T=4c$; $k=2$; $g=10 \text{ м/с}^2$; H, S, R - ?



В начале и в конце $v_{\text{максимальна}}$,
так как $v_x = \text{const}$, а v_y сначала монотонно
уменьшается до 0, а потом монотонно
возрастает до v_{0y} . $v_{\text{min}} = v_x$.



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

$T=4c \Rightarrow t_{\text{пол}} = \frac{T}{2} = 2c$

$t_{\text{пол}} g = v_{0y} \Rightarrow v_{0y} = 2c \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 20 \text{ м/с}$

Пока $H = \frac{0 - v_{0y}^2}{-2g} = \frac{-v_{0y}^2}{-2g} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{400 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{400 \text{ м}^2/\text{с}^2}{20 \text{ м/с}^2} = 20 \text{ м}$

$S = v_{\text{min}} T$ $v_{\text{min}} = v_{0y} \sin \alpha = \frac{v_{0y}}{\sqrt{3}} \approx \frac{20 \text{ м/с}}{1,71} = \frac{2000}{171} \text{ м/с} = 11,7 \text{ м/с}$

$S = v_{\text{min}} T = \frac{2000}{171} \text{ м/с} \cdot 4c = \frac{8000}{171} \text{ м} = 46,7 \text{ м}$

$d_h = \omega r = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{a_h} = \frac{v_0^2}{g \sin \alpha} = \frac{v_0^2}{g \cdot \frac{1}{2}} = \frac{2v_0^2}{g}$

$= \frac{2 \cdot (20 \text{ м/с})^2}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{800 \text{ м}^2/\text{с}^2}{10 \text{ м/с}^2} = 80 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 171 \\ + 332 \\ \hline 503 \\ + 171 \\ \hline 674 \\ + 171 \\ \hline 845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ 171 \\ + 171 \\ \hline 342 \\ + 171 \\ \hline 513 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 171 \\ + 171 \\ \hline 342 \\ + 171 \\ \hline 513 \end{array}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

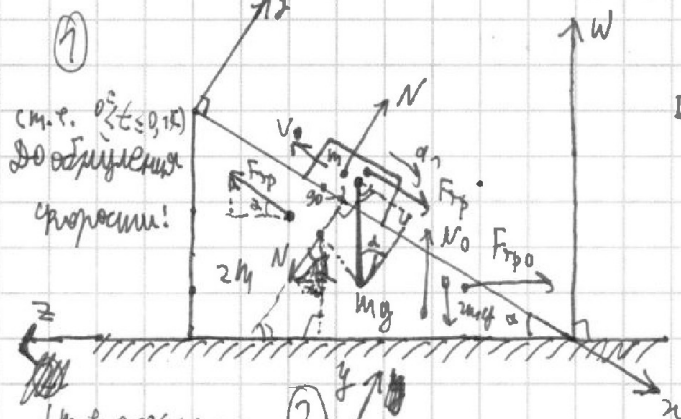
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3. Дано: $m = 0,1 \text{ кг}$; $g = 10 \text{ м/с}^2$; график

$\sin \alpha = ?$
 $F_{\text{тр}} = ?$
 $N = ?$



(одноименный для обоих тел)
2. Вторым законом Ньютона

для тела на ось y :

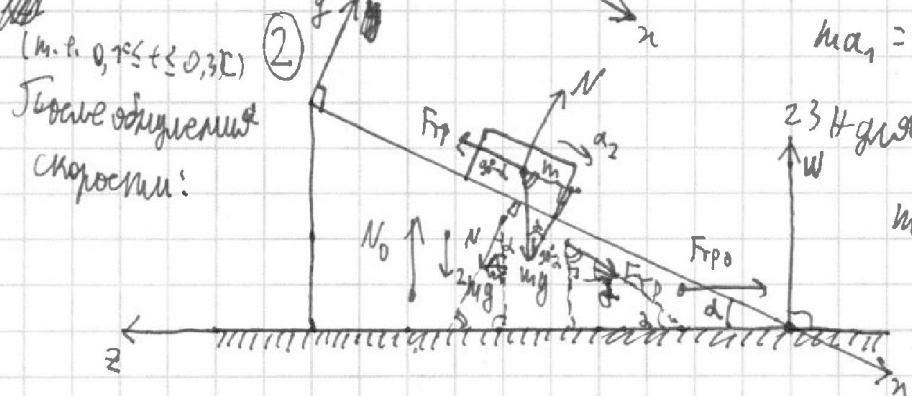
$$N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

23.4 для тела на ось x (считая):

$$ma_1 = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

23.4 для тела на ось x (считая):

$$ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$



Из графика: $a_1 = 8 \text{ м/с}^2$; $a_2 = 4 \text{ м/с}^2$

$$\text{Тогда } m(a_1 + a_2) = 2mg \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{8 + 4}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \cdot mg \cos \alpha = 0,1$$

$$F_{\text{тр}} = ma_1 - mg \sin \alpha = 0,1$$

$$F_{\text{тр}} = ma_1 - mg \sin \alpha = m(a_1 - g \sin \alpha) = 0,1 \cdot (8 - 10 \cdot 0,6) = 0,1 \cdot (8 - 6) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ Н}$$

$$= 0,2 \cdot 0,5 \cdot (8 - 6) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ Н}$$

Вспомогательная $F_{\text{тр}}$, а N направлена вверх по z -оси

$$N = mg \cos \alpha = 0,1 \cdot 10 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ Н}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

В случае 1 проекции сил F_{TP} и N на ось z противоположны, а в случае 2 — только силы N . Значит, показанной методикой будет случай 1.

Случай 1:

23/4 для $\triangle$ на ось W :

$$N_0 + F_{TP} \sin \alpha - 2mg - N \cos \alpha = 0 \Leftrightarrow N_0 + F_{TP} \sin \alpha = 2mg + N \cos \alpha$$

$$N_0 = F_{TP} \sin \alpha + N \cos \alpha$$

$$N_0 = 2mg + N \cos \alpha - F_{TP} \sin \alpha$$

на ось z : $F_{TP} \cos \alpha + N \sin \alpha - M \sin \alpha N_0 = 0$

$$M \sin \alpha N_0 = F_{TP} \cos \alpha + N \sin \alpha$$

$$M \sin \alpha = \frac{F_{TP} \cos \alpha + N \sin \alpha}{N_0}$$

$$= \frac{F_{TP} \cos \alpha + N \sin \alpha}{2mg + N \cos \alpha - F_{TP} \sin \alpha} = \frac{0,44 \cdot 0,8 + 7,6 \cdot 0,6}{44 + 7,6 \cdot 0,8 - 0,44 \cdot 0,6} =$$

$$= \frac{4,8 + 76,6}{400 + 76,8 - 4,6} = \frac{32 + 9,6}{400 + 72,8 - 2,4} = \frac{12,8}{52,8 - 2,4} = \frac{12,8}{50,4} = \frac{64}{252} = \frac{32}{126}$$

$$= \frac{76}{63}$$



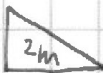
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Случай 2:

23 Н для  на ось W:

$$N_0 - 2mg - N \cos \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha = 0$$

$$N_0 = 2mg + N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha$$

23/4 Н для  на ось Z:

~~N \sin \alpha~~ ~~N \cos \alpha~~

$$\begin{array}{r} 552 \overline{) 1276} \\ - 4 \\ \hline 15 \\ - 12 \\ \hline 24 \\ - 24 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20619 \\ - 24 \overline{) 169} \\ \hline 36 \\ - 36 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha - M_{2m} N_0 = 0$$

$$M_{2m} N_0 = N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha$$

$$M_{2m} = \frac{N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha}{N_0}$$

$$= \frac{N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha}{2mg + N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha} = \frac{7,64 \cdot 0,6 - 0,44 \cdot 0,2}{44 + 2 \cdot 7,64 \cdot 0,8 + 0,44 \cdot 0,0} =$$

$$= \frac{76,64 - 4,4}{400 + 76,8 + 4,6} = \frac{98 - 32}{400 + 76,8 + 4,6} = \frac{64}{552} = \frac{32}{276} = \frac{8}{69}$$

$$M_{1m} > M_{2m} \Rightarrow M_{\text{min}} = M_{2m} = \frac{76}{03}$$



На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
4 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$M > M_{min} = M_{min} = \frac{16}{63} \Rightarrow \text{~~тогда~~ } M > \frac{16}{63}$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0,6; F_{np} = 0,44; M > \frac{16}{63}.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

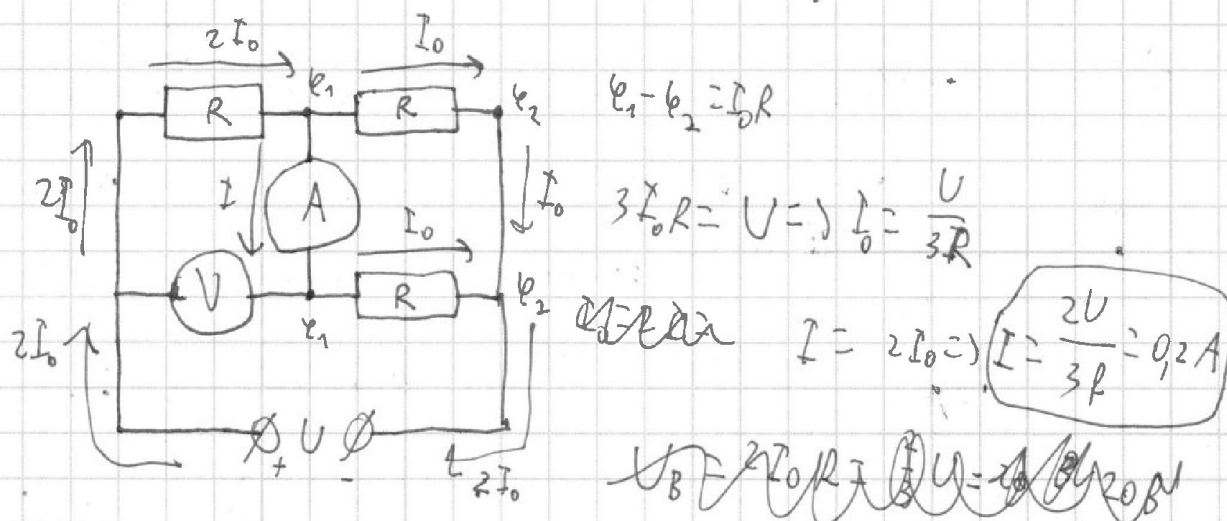
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

4. Дано: $R = 1000 \text{ Ом}$; $U = 30 \text{ В}$; $r_A \ll R$; $r_V \gg R$ $\left\{ \begin{array}{l} I = ? \\ U_B = ? \end{array} \right.$ $P = ?$



~~$U_B = \frac{2}{3} U$~~ ~~$U_B = 2I_0 R = \frac{2}{3} U = 20 \text{ В}$~~

$U_B = 2I_0 R \Rightarrow U_B = \frac{2}{3} U = 20 \text{ В}$

$P = (2I_0)^2 R + I_0^2 R + I_0^2 R = 4I_0^2 R + 2I_0^2 R = 6I_0^2 R$
 $= 6 \cdot \frac{U^2}{9R} = \frac{2}{3} \cdot \frac{U^2}{R} = \frac{2U^2}{3R} = \frac{2 \cdot 900 \text{ В}^2}{3 \cdot 1000 \text{ Ом}} = \frac{2}{3} \cdot 0,9 \text{ Вт} = 0,6 \text{ Вт}$

Ответ: $I = \frac{2U}{3R} = 0,2 \text{ А}$; $U_B = \frac{2}{3} U = 20 \text{ В}$; $P = \frac{2U^2}{3R} = 0,6 \text{ Вт}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Решение

5. Дано: $t_1 = 70^\circ\text{C}$; $m_a = m_b$; $h = \frac{9}{7}$; $c_a = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$; $c_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$; $t_0 = 0^\circ\text{C}$; $\lambda = 336 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ | 1. $\delta = ?$
2. $t_2 = ?$

Если $t_2 = 0^\circ\text{C}$ то лёд начнёт сразу таять и h будет меньше 1. По условию $t_2 < 0^\circ\text{C}$. Если первая до 0°C дошёл лёд, то он начал таять и $h < 1$. Если вода и лёд дошли до 0°C одновременно, то $h = 1$. Значит, первой дошла вода, но вся она не превратилась в лёд, а вода тогда h больше 1. Следовательно, бесконечно большим. Взаимосвязи у нас:

$$c_b m_0 (t_1 - t_0) + \lambda \delta = c_a m_0 (t_0 - t_2)$$

$c_b m_0 (t_1 - t_0) + \lambda \cdot \delta = c_a m_0 (t_0 - t_2)$, где $m_0 = m_a = m_b$.

$$c_b (t_1 - t_0) + \lambda \delta = c_a (t_0 - t_2) \Leftrightarrow c_a t_2 = c_a t_0 - \lambda \delta - c_b (t_1 - t_0)$$

$h = \frac{9}{7}$ $\frac{m_0 + \delta m_0}{m_0 - \delta m_0} = h \Leftrightarrow \frac{1 + \delta}{1 - \delta} = h \Leftrightarrow 1 + \delta = h - h\delta$

$$\delta = \frac{\frac{9}{7} - 1}{\frac{9}{7} + 1} = \frac{\frac{2}{7}}{\frac{16}{7}} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$$

$$\delta \times h \delta = h - 1$$

$$\delta(1+h) = h-1$$

$$\delta = \frac{h-1}{h+1}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{c_u t_0 - \lambda \delta - c_\theta (t_1 - t_0)}{c_u} = \frac{c_u t_0 - \lambda \frac{h-1}{h+1} - c_\theta (t_1 - t_0)}{c_u} \\ &= \frac{(h+1)c_u t_0 - \lambda(h-1) - c_\theta(t_1 - t_0)(h+1)}{c_u(h+1)} = \frac{0 - \frac{\lambda}{8} - c_\theta(t_1 - t_0)}{c_u} \\ &= -\frac{\frac{\lambda}{8} + c_\theta(t_1 - t_0)}{c_u} = -\frac{\frac{4336 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}}{8} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot 10^\circ\text{C}}{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}} \\ &= -\frac{42000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 42000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}} = -40^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Ответ: 1. $\delta = \frac{h-1}{h+1} = \frac{1}{8}$

2. $t_2 = \frac{(h+1)c_u t_0 - \lambda(h-1) - c_\theta(t_1 - t_0)(h+1)}{c_u(h+1)} = -40^\circ\text{C}.$