

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 $t = T$.

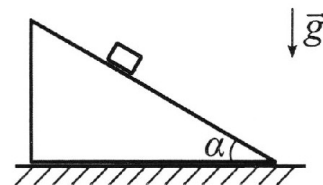
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

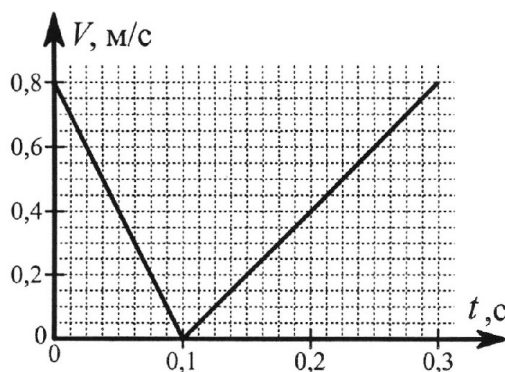
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до 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?





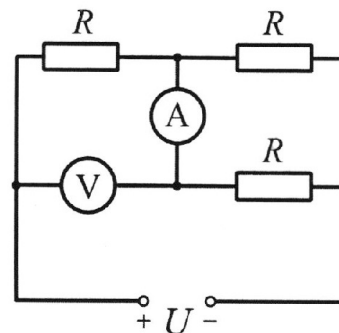
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 $t_1 = 10$ °С, 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·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



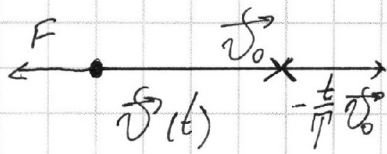
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



СТРАНИЦА

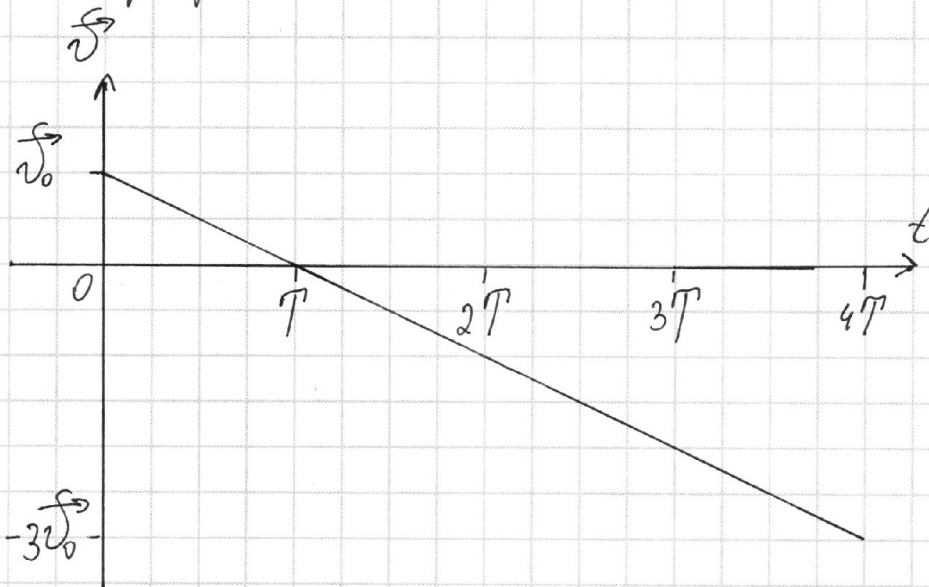
1 из 2

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!



$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 - \frac{t}{T} \vec{v}_0 - \text{линейная зависимость}$$

График $\vec{v}(t)$ схематичный:



П.к. вектор $\vec{v}(t)$ направлен по одной прямой $\Rightarrow$ S - площадь под графиком $\vec{v}(t)$
 $t \in [0; 4T]$

$$S = \frac{1}{2} v_0 T + \frac{1}{2} 3v_0 \cdot 3T = 5v_0 T = 40 \text{ м}$$

П.к. $\vec{v}(t)$ - линейно зависит $\Rightarrow$ на материальную точку действует постоянное ускорение $\vec{a}$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$a = |\vec{a}| = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4v_0}{4T} = \frac{v_0}{T} = 2 \text{ м/с}^2$$

$\vec{F} = m\vec{a}$ сила и ускорение сонаправлены



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.



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!

т.к. других сил нет

$$F = ma = 0,4 \text{ Н}$$

$$A = \vec{F} \cdot \vec{l} \quad \vec{l} - \text{перемещение шайбы}$$

за промежуток $t \in [0; T]$ $\vec{v} \geq 0 \Rightarrow$

$\vec{v}$ сонаправлен $\vec{v}_0 \Rightarrow \vec{l}$ сонаправлен с $\vec{v}$

~~Всё~~ $\vec{v} < 0 \Rightarrow \vec{a}$ не сонаправлен с $\vec{v}_0 \Rightarrow$

$\vec{F}$ не сонаправлен с $\vec{l}$ и направлены противоположно, т.к. всё движение происходит по одной оси.

$$A = F \cdot l \cdot \cos(\pi)$$

$$l = \frac{1}{2} v_0 T = 4 \text{ м} ; \cos(\pi) = -1$$

$$A = -1,6 \text{ Дж}$$



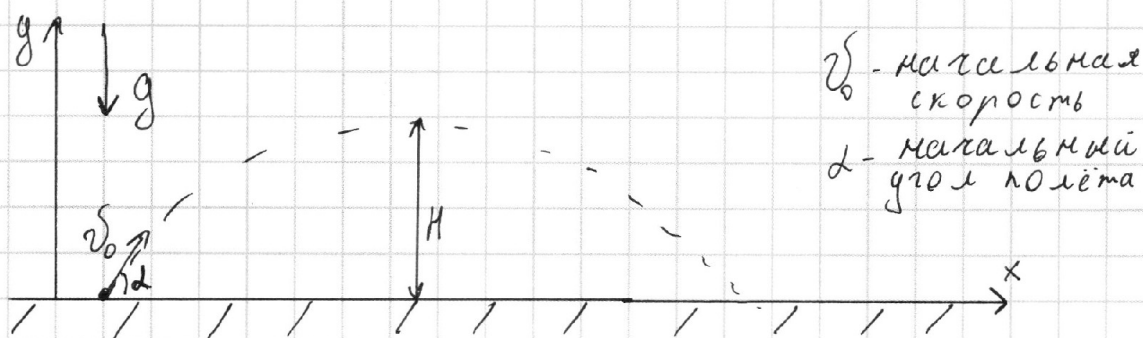
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



$$v_t = \sqrt{(v_0 \sin \alpha - gt)^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$v_{\min} \quad \left| \quad v_0 \sin \alpha - gt = 0; \quad v_{\min} = v_0 \cos \alpha \right.$$

$$v_{\max} \quad \left| \quad \begin{matrix} t=0 \\ t=T \end{matrix} ; \quad v_{\max} = v_0 \right.$$

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{v_0}{v_0 \cos \alpha} = n; \quad t_H - \text{время полёта до высоты } H$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{n} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

~~#~~ При достижении высоты H , $v_y = 0 \Rightarrow$
 $v_0 \sin \alpha = gt_H$; т.к. парабола симметрична относительно прямой проходящей через вершину и $\perp$ плоскости, то $t_H = \frac{T}{2}$

$$H = v_0 \sin \alpha t_H - \frac{gt_H^2}{2} = \frac{gt_H^2}{2} = \frac{gT^2}{8} = 20 \text{ м}$$

$$S = v_0 \cos \alpha T; \quad v_0 = \frac{gT}{2 \sin \alpha}$$



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.



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!

$$S = \frac{g \pi^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{g \pi^2}{2 \sqrt{3}} = \frac{40}{\sqrt{3}} = \frac{40 \sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{v_0^2}{a_n}$$

$$; \quad a_n = g \cos \alpha - \text{нормальное ускорение действующее по нормали в материальной момент}$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{g \pi^2}{2 \sin \alpha \cos^2 \alpha} = \frac{g \pi^2}{\sin 2\alpha \cdot \cos \alpha} \quad \ominus$$

$$\ominus \quad \frac{4g \pi^2}{\sqrt{3}} = 8S = \frac{320}{3} \sqrt{3} \text{ м}$$

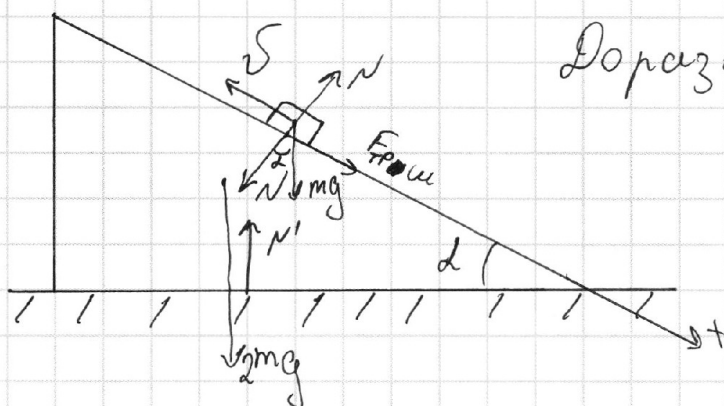


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 5

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!



Доразворта:

Если произошёл разворот следовательно шайба изначально двигалась вверх по клину

$$F_{\text{тр}} = \mu_1 N; \quad \mu_1 - \text{коэф шайбы о клин}$$

~~так как~~ $N = mg \cos \alpha$ - т.к. тело не отрывается от клина

II 3. Ньютона на ось X

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = m a_1(t); \quad a_1 - \text{ускорение до остановки}$$

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \quad \begin{array}{l} \Delta v_1 - \text{изменение скорости до остановки} \\ \Delta t_1 - \text{изменение времени до остановки} \end{array}$$

После разворота $F_{\text{тр}}$ принимает направление ~~на~~ противоположное

$$mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = m a_2(t); \quad a_2 - \text{ускорение после остановки}$$



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 5

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!

$$a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{0,8}{0,02} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; a_1 = \frac{0,8}{0,1} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(1) + (2):

$$2mg \sin \alpha = m(a_1 + a_2)$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{48}{60} = \frac{4}{5}$$

До разворота:

$$F_{k1} = |N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha|; F_{k1} - \text{сила трения}$$

между клином
до разворота

После разворота:

$$F_{k2} = N \sin \alpha + F_{\text{тр}} \cos \alpha; F_{k2} - \text{после разворота}$$

$$F_{k1} - F_{k2} = -2 F_{\text{тр}} \cos \alpha$$

$$F_{k2} = 2 F_{\text{тр}} \cos \alpha + F_{k1} \Rightarrow F_{k2} > F_{k1}$$

$$|N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha| \neq N \sin \alpha + F_{\text{тр}} \cos \alpha$$

$$N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha \neq N \sin \alpha + F_{\text{тр}} \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} \cos \alpha \neq N \sin \alpha + F_{\text{тр}} \cos \alpha$$



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 5

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!

$$\begin{cases} 0 < 2F_{\text{тр}} \cos \alpha \\ 0 < 2N \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 < 2F_{\text{тр}} \cos \alpha \\ 0 < 2N \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow F_{k1} < F_{k2} \text{ всегда}$$

$$N \cos \alpha = mg$$

$$F_{\text{тр}} = m a_1 - mg \sin \alpha$$

$$F_{k2} = mg \tan \alpha + m \cos \alpha (a_1 - g \sin \alpha) \quad \# \quad \textcircled{5}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m(g \sin \alpha + (1 - \sin^2 \alpha)(a_1 - g \sin \alpha))}{\cos \alpha} = \\ &= \frac{m((1 - \sin^2 \alpha)a_1 + g \sin^3 \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{m(a_1 + g \sin \alpha - g \sin^3 \alpha)}{\cos \alpha} \\ &= \frac{(a_1 - g \sin \alpha) \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = \frac{m(2g \sin \alpha - g \sin \alpha \cos^2 \alpha)}{\cos \alpha} = \\ &= \frac{mg \sin \alpha (1 + \sin^2 \alpha)}{\cos \alpha} \end{aligned}$$



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 5

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!

$$\begin{aligned} a_1 - g \sin \alpha &= \frac{1}{3} a_1 \\ g \sin \alpha &= \frac{2}{3} a_1 \\ F_{k2} &= m a_1 \left(\frac{2}{3 \cos \alpha} + \frac{\cos \alpha}{3} \right) = \\ &= m a_1 \left(\frac{2 + \cos^2 \alpha}{3 \cos \alpha} \right) = m a_1 \frac{3 - \sin^2 \alpha}{3 \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \\ &= m a_1 \frac{3 - \frac{64}{225}}{3 \sqrt{1 - \frac{64}{225}}} = m a_1 \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} m \left(\frac{g \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} + \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} (a_1 - g \sin \alpha) \right) =$$

$$\textcircled{3} m \left(\frac{3}{4} g + \frac{4}{5} \left(8 \frac{\mu}{c^2} - 6 \frac{\mu}{c^2} \right) \right) =$$

$$= m \left(\frac{15 \frac{\mu}{c^2}}{2} + \frac{8}{5} \frac{\mu}{c^2} \right) = m \frac{91}{10} \frac{\mu}{c^2} = \frac{91}{50} H =$$

$$= 0,182 H \quad F_{k2} \leq \mu N'$$



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
5 ИЗ 5

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!

$$N' = 3mg$$

$$\mu \geq \frac{F_{k2}}{3mg} = \frac{0,182 \text{ Н}}{6 \text{ Н}} = \frac{182}{6} \cdot \frac{1}{1000} = 0,03$$

$$\mu \geq 0,03$$

$$\begin{array}{r} 182 \overline{) 6} \\ -18 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline \end{array} 30,33 \dots$$



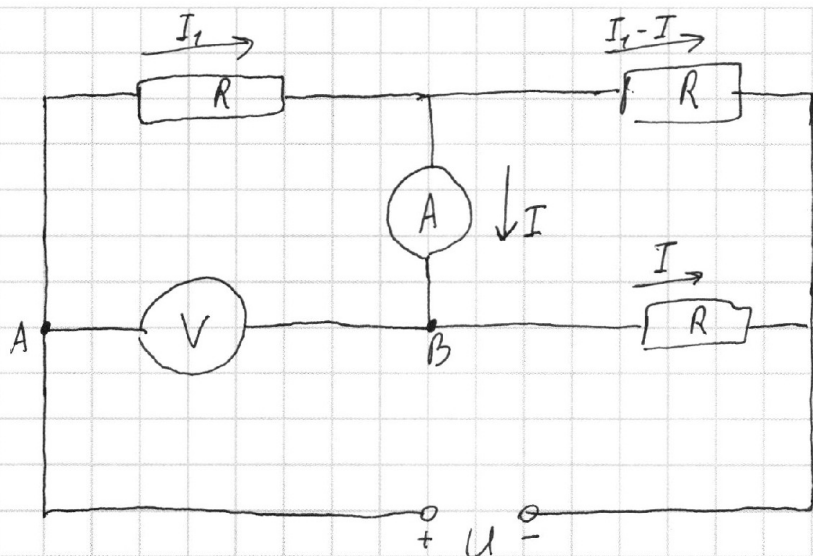
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



Пусть ток через один из резисторов I_1 .
Обозначен на рисунке

т.к. $R_V \gg R$, то $I_V \ll I_1$

Зна R_V и I_V - значения на вольтметре

$$I_1 R + (I_1 - I) R = U$$

$$I_1 R + I R_A + I R = U$$

- правила Кирхгофа

$$I_1 + I \frac{R_A}{R} + I = \frac{U}{R}$$

т.к. $R_A \ll R$, то $\frac{R_A}{R} = 0$

$$\begin{cases} I_1 + I = \frac{U}{R} & (1) \\ 2I_1 - I = \frac{U}{R} & (2) \end{cases}$$

$$2 \cdot (1) - (2): 3I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{U}{3R} = 0,1 \text{ A}$$



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!

$$U_B = \varphi_A - \varphi_B$$

$$\varphi_A - \varphi_B = I_1 R + I R_A$$

(1) + (2) :

$$3I_1 = \frac{2U}{R}$$

$$I_1 = \frac{2U}{3R} = 2I = 0,2 \text{ A}$$

$$U_B = 2IR + IR_A = 2IR = 20 \text{ В}$$

$$P = 4I^2 R + U_V I_V + 2I^2 R + I^2 R_A$$

из-за малости I_V и R_A

$$P = 6I^2 R = 6 \text{ Вт}$$



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.



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!

$$c_B(t_1 - t_0)m + \lambda \delta m = c_A(t_2 - t_0)m \quad (1)$$

Если в процессе теплообмена кристаллы завалялись только часть воды $\Rightarrow$ оба тела достигли t_0

$$\frac{m + \delta m}{m - \delta m} = n$$

$$\delta m (1 + n) = m(n - 1)$$

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

$U_3 (1):$

$$t_2 = t_0 - \frac{c_B(t_1 - t_0)m + \lambda \delta m}{c_A m} =$$

$$= t_0 - \frac{c_B(t_1 - t_0) + \lambda \delta}{c_A} = t_0 - \frac{42 \frac{Дж}{кг} + \frac{336}{8} \frac{Дж}{кг}}{2,1 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}} =$$

$$= 0^\circ C - \frac{2 \cdot 42 \frac{Дж}{кг}}{\frac{42}{20} \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}} = -40^\circ C$$