



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



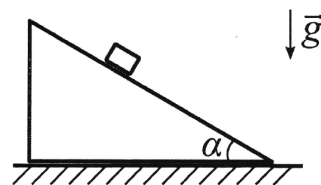
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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 $t = T$.

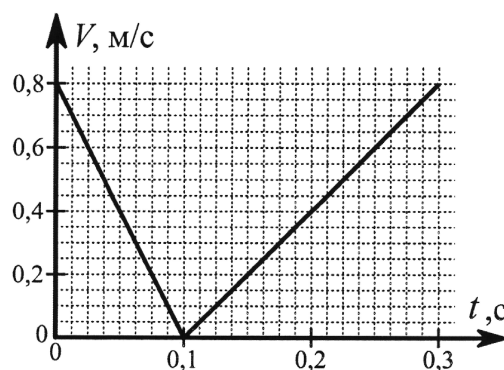
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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





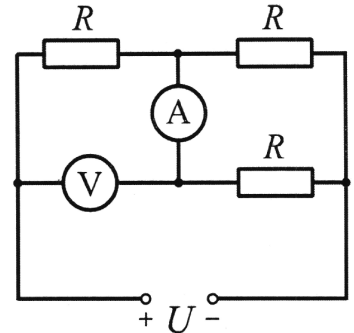
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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_B 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**.

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!

№1

Дано:

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

$$|\vec{v}_0| = 4 \text{ м/с}$$

$$T = 2 \text{ с} = \text{const}$$

Найти:

1) $s(t=4T) = ?$

2) $F = ?$

3) $A(t=T) = ?$

$\vec{v} \uparrow \vec{v}_0 \Rightarrow$ можно рассматривать
все движение в проекции на ось $Ox \uparrow \vec{v}_0$

$$v = v_0 - \frac{t}{T} \cdot v_0 \quad - \quad v(t)$$

Рассмотрим перемещение шайбы
в момент времени t и за малое
время dt

$$\Delta s = v \cdot dt = v(t) \cdot dt = v_0 \cdot dt - \frac{t}{T} \cdot v_0 \cdot dt$$

$$\int_0^{4T} ds = v_0 \int_0^{4T} dt - \frac{v_0}{T} \int_0^{4T} t \cdot dt$$

$$s = v_0 \cdot 4T - \frac{v_0}{T} \cdot \frac{(4T)^2}{2}$$

$$s = v_0 \cdot 4T - \frac{v_0}{T} \cdot 8T^2$$

$$v(t) = v_0 - \frac{v_0}{T} \cdot t$$

$\underbrace{\quad}_{\text{const}} \quad \underbrace{\quad}_{\text{const} < 0}$

v линейно зависит от t

$\Downarrow$

перед нами равнозамедленное
движение

$$a = -\frac{v_0}{T} = \text{const}$$

$$v(t) = v_0 - a \cdot t \Rightarrow x(t) = v_0 \cdot t - \frac{a t^2}{2}$$

координата
тела на оси Ox
($\uparrow \vec{v}_0$). Т.О. —
обозначено начальное
положение

Найдем момент времени, когда тело
остановится

$$t_{\text{ост}} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\frac{v_0}{T}} = T = 2 \text{ с}$$

Найдем координату остановки шайбы

$$x_{\text{ост}} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2 \cdot \frac{v_0}{T}} = \frac{1}{2} v_0 \cdot T = 4 \text{ м}$$

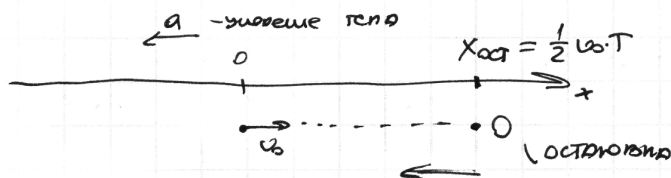


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



При $0 \leq t \leq T$ тело движется по оси Ox в положительном направлении и до остановки пройдёт путь $x_{\text{ост}} - 0 = \frac{1}{2} v_0 \cdot T$

При $t > T$ тело движется в отрицательном направлении оси Ox . И за время $4T - T = 3T$ пройдёт путь —

$$a \cdot \frac{(3T)^2}{2} = \frac{9}{2} a \cdot T^2 = \frac{9}{2} v_0 \cdot T \quad (\text{стартует и т. } x_{\text{ост}} \text{ с нулевой начальной скоростью})$$

$$S(t=4T) = \frac{1}{2} v_0 \cdot T + \frac{9}{2} v_0 \cdot T = 5 v_0 \cdot T = 5 \cdot 4 \cdot 2 = 40 \text{ м}$$

F — модуль горизонтальной силы, действующей на шайбу. В соответствии с II з. Ньютона на ось Ox :
(других горизонтальных сил нет)

$$F = ma \Rightarrow F \text{ действует против оси } Ox:$$

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{v_0}{T} = 0,2 \cdot \frac{4}{2} = 0,4 \text{ Н}$$

A — работа силы F за время $t=0$ до $t=T$, т.е. до остановки тела

$$A = -F \cdot S_{\text{ост}} = -F \cdot \frac{1}{2} v_0 \cdot T = -0,4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 2 = -1,6 \text{ Дж}$$

Знаки „-“ потому что сила и перемещение при $t \leq T$ разнонаправлены

Ответ: 1) $S = 40 \text{ м}$

2) $F = 0,4 \text{ Н}$

3) $A = -1,6 \text{ Дж}$



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!

№2

Дано:

$$T = 4 \text{ с}$$

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = n = 2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

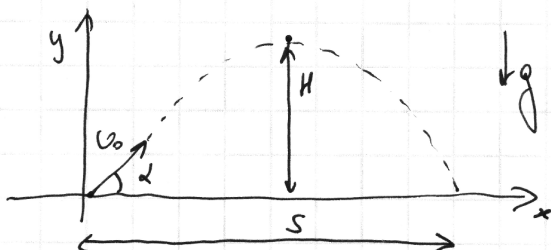
Найти:

1) $H = ?$

2) $S = ?$

3) $R = ?$

После того как футболист наносит удар по мячу, мяч летит по параболической траектории → равноускоренно под углом к горизонту



Обозначения: v_0 - начальная скорость

α - угол к горизонту в начальный момент

по y: $v_y(t) = v_0 \sin \alpha - g \cdot t$ — вертикальная скорость

$$y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$
 — координата

по x: $v_x(t) = v_0 \cos \alpha = \text{const}$

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

Из уравнений $v_y(t)$ и $v_x(t)$ очевидно, что $v_{\max}$ реализуется в начальный и конечный момент, а $v_{\min}$ — в то время, когда мяч находится в вершине параболы (траектории), тогда

$$\vec{v}_{\min} \uparrow \uparrow \vec{Ox} \Rightarrow v_{\min} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{\max} = v_0$$

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{1}{\cos \alpha} = n = 2 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Полное время полета: $T = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{T \cdot g}{2 \sin \alpha} = \frac{T \cdot g}{\sqrt{3}}$



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!

Криволинейная высота подъема H :

$$H = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{\sin^2 \alpha}{2g} \cdot v_0^2 = \frac{\frac{3}{4}}{2 \cdot g} \cdot T^2 \cdot g^2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{8} T^2 g = \frac{1}{8} \cdot 4^2 \cdot 10 = 20 \text{ м}$$

Длина полета

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot T = \frac{T \cdot g}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot T = \frac{1}{2\sqrt{3}} g T^2 = \frac{\sqrt{3}}{6} g T^2$$

$$S = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot 10 \cdot 4^2 = \sqrt{3} \cdot \frac{80}{3} \text{ м} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

Радиус кривизны траектории R в начальный момент

Полное ускорение мяча в любой момент времени $\vec{a} = \vec{g}$

Разложим его на

$\vec{a}_{yc}$ — центростремительное ускорение

$\vec{a}_\tau$ — тангенциальное ускорение

$$\vec{a}_{yc} \perp \vec{v}_0$$
$$\vec{a}_\tau \parallel -\vec{v}_0$$

$$\vec{a}_{yc} + \vec{a}_\tau = \vec{g}$$

$$\Rightarrow a_{yc} = g \cos \alpha$$

$$R = \frac{v_0^2}{a_{yc}} = \frac{T^2 \cdot g^2}{3} \cdot \frac{1}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{2}{3} g T^2 = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 4^2 = \frac{320}{3} \text{ м}$$

Ответ: 1) $H = 20 \text{ м}$

3) $R = \frac{320}{3} \text{ м}$

2) $S = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$



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!

№3

Дано:

$|v|(t)$

$m = 0,2 \text{ кг}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Найти:

1) $\sin \alpha = ?$

2) $F_{\text{тр max}} = ?$

$0 < t < 0,3 \text{ с}$

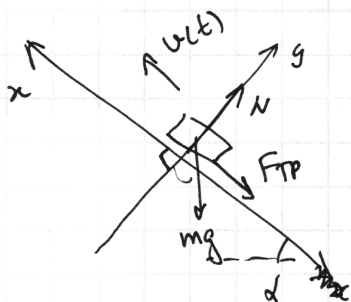
3) $\mu = ?$

$0 < t < 0,3 \text{ с}$

Шайба движется по покоящемуся клину (по условию) $\Rightarrow$ полная скорость шайбы всегда лежит вдоль линии падения веса на клине

Из графика $v(t)$ понятно, что сначала скорость шайбы уменьшается, потом происходит остановка, потом скорость шайбы увеличивается. $\Rightarrow$ начальная скорость шайбы $v_0 = 0,8 \text{ м/с}$ была направлена вверх по клину.

Рассмотрим движение шайбы вверх по клину.



II з. Ньютона

$$\text{оу: } N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\text{ох: } ma_x = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$a_x = -g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}}}{m}$$

$$\text{Шайба движется} \Rightarrow F_{\text{тр max}} = \mu N$$

μ - коэффициент трения шайбы о поверхность клина

$$a_x = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \quad \text{— против оси ох}$$

Остановка шайбы произойдет $t_{\text{ост}} = \frac{v_0}{a_x}$
по графику $t_{\text{ост}} = 0,1 \text{ с}$ ($v=0$)

$$t_{\text{ост}} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$\Rightarrow \frac{v_0}{t_{\text{ост}}} = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$



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
2 ИЗ 5

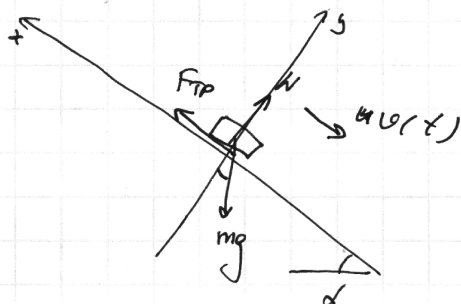
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим движение шайбы вниз по клину

II 3. Ньютона

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: ma_x = mg \sin \alpha - F_{тр}$$



$$a_x = g \sin \alpha - \frac{F_{тр}}{m}$$

Шайба движется $\Rightarrow F_{тр \max} = \mu_1 \cdot N = \mu_1 mg \cos \alpha$

$$a_x = g \sin \alpha - \mu_1 g \cos \alpha$$

$$a_x = \frac{dv}{dt} \quad \text{— т.е. угловой коэффициент начальной возрастающей части графика}$$

$$a_x = \frac{0,8 \text{ м/с} - 0}{0,3 \text{ с} - 0,1 \text{ с}} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$\left. \begin{aligned} a_x &= g \sin \alpha - \mu_1 g \cos \alpha \\ \frac{v_0}{t_{ог}} &= g \sin \alpha + \mu_1 g \cos \alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow a_x + \frac{v_0}{t_{ог}} = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2g} \left(a_x + \frac{v_0}{t_{ог}} \right) = \frac{1}{2 \cdot 10} \cdot \left(4 + \frac{0,8}{0,1} \right) = \frac{12}{2 \cdot 10} = 0,6 = \frac{3}{5}$$

$\cos \alpha = \frac{4}{5}$

Рассмотрим силы, действующие на клин

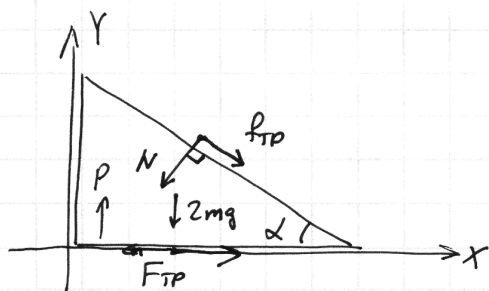
$F_{тр}$ — сила трения между

шайбой и клином

N — сила реакции опоры со стороны шайбы на клин

P — сила реакции опоры со стороны плоскости

$F_{тр}$ — сила трения между клином и плоскостью.





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!

Если „+“ — $F_{тр}$ вверх по клину
шайба спускается

$$F_{тр} = N \sin \alpha + f_{тр} \cos \alpha = 0,96 \text{ Н} + 0,32 \text{ Н} = 1,28 \text{ Н}$$

Если „-“ : $F_{тр} = N \sin \alpha - f_{тр} \cos \alpha = 0,64 \text{ Н} < 1,28 \text{ Н}$

⇓ шайба поднимается

$$F_{тр \max} = 1,28 \text{ Н}$$

По оси OY клин покоится

⇓

$$P = 2mg + N \cos \alpha \pm F_{тр} \cdot \sin \alpha$$

„-“ шайба спускается
„+“ шайба поднимается

Клин покоится $\Rightarrow F_{тр} \leq \mu P$

$$\mu \geq \frac{F_{тр}}{P}$$

Для случая спуска шайбы

$$F_{тр} = 1,28 \text{ Н}$$

$$P = 2mg + N \cos \alpha - f_{тр} \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 0,2 \cdot 10 + 1,6 \cdot 0,8 - 0,4 \cdot 0,6 = 5,04 \text{ Н}$$

$$\mu \geq \frac{1,28}{5,04} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2}{4 \cdot 2 \cdot 63} = \frac{16}{63}$$

Для случая подъема шайбы

$$F_{тр} = 0,64 \text{ Н}$$

$$P = 2mg + N \cos \alpha + f_{тр} \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 0,2 \cdot 10 + 1,6 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 0,6 = 5,52 \text{ Н}$$

$$\mu \geq \frac{0,64}{5,52} = \frac{8}{69}$$

$$\frac{16}{63} > \frac{8}{69}$$

А т.к. клин всегда покоится

$$\mu \geq \max \left(\frac{16}{63}, \frac{8}{69} \right) = \frac{16}{63}$$

$$\mu \geq \frac{16}{63}$$



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
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!

Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,6$

2) $F_{\text{тр max}} = 1,28 \text{ Н}$

3) $\mu \geq \frac{16}{63}$

Handwritten calculations for problem 3:

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 23}{2^6} = \frac{2^3 \cdot 3 \cdot 23}{2^6} = \frac{8}{69}$$
$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2}{4 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 32} = \frac{2^6}{69 \cdot 63}$$
$$\frac{2 \cdot 69}{63} \geq \frac{8}{69 \cdot 63}$$

Other calculations shown:

$$\frac{552 \cdot 12}{4 \cdot 15} = \frac{276 \cdot 12}{12} = 276$$
$$\frac{138 \cdot 12}{7 \cdot 12} = \frac{138}{7} = 19 \frac{5}{7}$$
$$\frac{63 \cdot 13}{16 \cdot 78} = \frac{63}{16}$$
$$\frac{23}{69} = \frac{1}{3}$$
$$\frac{128}{552} = \frac{16}{69}$$
$$\frac{128}{69} + \frac{0,24}{1,52} = \frac{552 \cdot 18}{48 \cdot 69} = \frac{72}{72} = 1$$



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

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

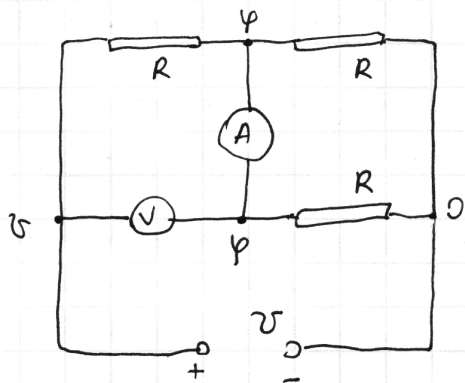
Дано:

$$R = 100 \Omega$$

$$U = 30 \text{ В}$$

Найти:

- 1) $I = ?$
- 2) $U_B = ?$
- 3) $P = ?$



Сопротивление амперметра

много меньше $R \Rightarrow$

Амперметр является идеальной переключкой $\Rightarrow$

потенциалы на его клеммах

равны. $\varphi = \varphi$

Сопротивление вольтметра

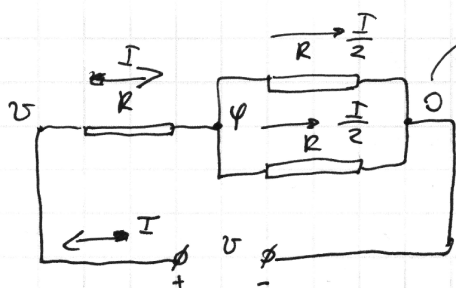
много больше $R \Rightarrow$

Вольтметр является разрывом

цепи и через него ток не

идёт

С учётом выше изложенного схема имеет вид



т.к. это параллельное соединение
 I — сила тока через источник.
Полный контур схемы:

$$U = I \cdot R + \frac{I}{2} \cdot R$$

$$U = \frac{3}{2} I R \Rightarrow I = \frac{2}{3} \cdot \frac{U}{R} = \frac{2}{3} \cdot \frac{30}{100} = 0,2 \text{ А}$$

Показание вольтметра — это напряжение на одиночном резисторе R ($U - \varphi$), т.к. они соединены параллельно

$$U_B = I \cdot R = \frac{2}{3} U = 20 \text{ В}$$

P -мощность, рассеивающаяся в цепи

$$P = U \cdot I = 30 \text{ В} \cdot 0,2 \text{ А} = 30 \cdot \frac{2}{10} = 6 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $I = 0,2 \text{ А}$

2) $U_B = 20 \text{ В}$

3) $P = 6 \text{ Вт}$



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

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!

У3 (III)

$$m_n - m = m - m_B$$

$$m_n = 2m - m_B$$

(III) $\rightarrow$ (II)

$$n = \frac{2m - m_B}{m_B}$$

$$2m - m_B = n \cdot m_B \Rightarrow m_B = \frac{2m}{1+n} = \frac{2}{1+\frac{9}{7}} \cdot m = \frac{2}{16} \cdot 7m$$

(II) $\rightarrow$ (IV)

$$m_B = \frac{7}{8}m \Rightarrow m_n = \frac{9}{8}m$$

$$\delta = \frac{m - m_B}{m} = \frac{m - \frac{2m}{1+n}}{m} = 1 - \frac{2}{1+n} = \frac{1+n-2}{1+n} = \frac{n-1}{n+1}$$

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

Уравнение (I)

$$C_B \cdot m(t_0 - t_1) + C_n \cdot m(t_0 - t_2) + R \left(\frac{9}{8}m - m \right) = 0 \quad | : m$$

$$C_B(t_0 - t_1) + C_n(t_0 - t_2) + R \cdot \frac{1}{8} = 0$$

$$C_B(t_0 - t_1) + \frac{1}{8}R = C_n(t_2 - t_0)$$

$$t_2 = \frac{C_B(t_0 - t_1) + \frac{1}{8}R}{C_n} + t_0 = \frac{4200(10 - 10) + \frac{336000}{8}}{2100} + 0 = -40^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) $\delta = \frac{1}{8}$

2) $t_2 = -40^\circ\text{C}$



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 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!

№5

Дано:

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$n = \frac{9}{7}$$

$$c_n = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$$

$$c_B = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$$

$$\lambda = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

Найти:

1) $\delta = ?$

2) $t_2 = ?$

Обозначения:

1. m - начальная масса воды, и по условию

m - начальная масса льда

2. m_B - конечная масса воды

3. m_L - конечная масса льда

После установления теплового равновесия

в калориметре остались и вода, и лёд

($n \neq 0$) $\Rightarrow$ установившаяся температура -

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$n > 1 \Rightarrow$ в системе часть воды превратилась

в лёд, а не часть льда растаяла.

Запишем уравнение теплового баланса

$$c_B \cdot m \cdot (t_0 - t_1) + c_n \cdot m \cdot (t_0 - t_2) + \lambda(m_L - m) = 0 \quad (\text{I})$$

↑
вся вода
остыла до t_0

↑
вся лёд
нагрелся до t_0

↑
часть воды превратилась
в лёд

Из условия

$$n = \frac{m_L}{m_B} \quad (\text{II})$$

Т.к. из системы вода не уходит, то насколько увеличилась масса льда, настолько же уменьшилась масса воды.

$$m_L - m = m - m_B \quad (\text{III})$$

Доля массы воды, превратившаяся в лёд

$$\delta = \frac{m - m_B}{m} \quad (\text{IV})$$