



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



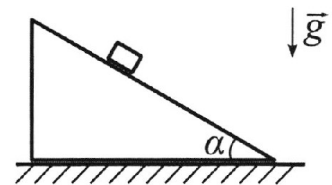
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь $\vec{v}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $v_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

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

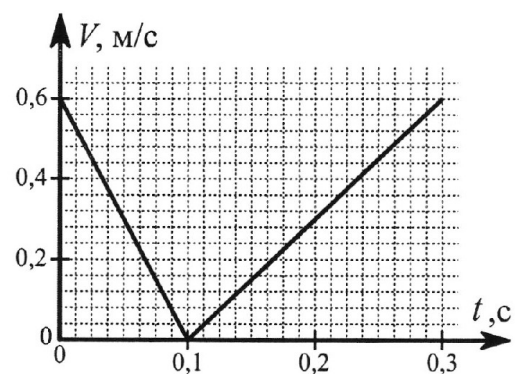
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите вертикальное перемещение H камня за первые $T = 2$ с полета.
2. Найдите модуль $|\vec{r}(T)|$ перемещения камня за первые $T = 2$ с полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории камня в момент времени $T = 2$ с.

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 $m = 0,4$ кг, масса клина $1,5m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



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





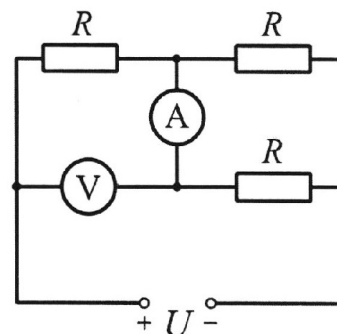
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 200$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 120$ 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 I_A амперметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при неизвестной температуре t_1 °С, помещают лед, температура которого $t_2 = -20$ °С. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы воды к массе льда $n = 11/9$.

1. Найдите долю δ массы льда, превратившейся в воду.

2. Найдите начальную температуру t_1 воды калориметре.

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 9

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!

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

Решение можно разделить на 2 участка:

1. от 0 до T - против оси

2. от T до 3T - по оси

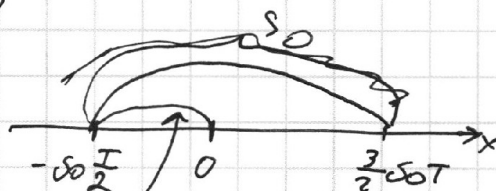
$$1: \frac{dx}{dt} = v_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$$

$$-\int dx = v_0 \int \left(\frac{t}{T} - 1 \right) dt$$

$$-x = v_0 \left(\frac{t^2}{2T} - t \right)$$

$$-x = v_0 \left(\frac{T^2}{2T} - T \right)$$

$$4x = v_0 \left(T - \frac{T}{2} \right) = v_0 \frac{T}{2} \quad \text{— путь первого участка}$$



$$2: \frac{dx}{dt} = v_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$$

$$\int_{-v_0 \frac{T}{2}}^x dx = v_0 \int_T^{3T} \left(\frac{t}{T} - 1 \right) dt$$

$$x + v_0 \frac{T}{2} = v_0 \left(\frac{9T^2 - T^2}{2T} - (3T - T) \right)$$

$$x + v_0 \frac{T}{2} = v_0 (4T - 2T) = 2v_0 T$$

$$x = 2v_0 T - v_0 \frac{T}{2} = \frac{3}{2} v_0 T$$

$$S_0 = v_0 \frac{T}{2} + \frac{3}{2} v_0 T + v_0 \frac{T}{2} = v_0 T + \frac{3}{2} v_0 T = \frac{5}{2} v_0 T =$$

$$= \frac{5}{2} \cdot 2 \cdot 4 = 20 \text{ м}$$



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 3

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. $F = ma$

$$v = v_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$$

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d(v_0(\frac{t}{T} - 1))}{dt} = \frac{v_0}{T} = 0,5 \frac{\mu}{c^2}$$

$$F = ma = 0,2 \text{ Н} - \text{направлена по оси}$$

3. $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$

$$\vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot dr \cdot \cos \alpha$$

от 0 до T сила направлена против перемещения
значит $\alpha = 180^\circ$

$$F \cdot dr \cdot \cos \alpha = -F \cdot dr$$

$$A = \int dA = - \int_0^{v_0 \frac{T}{2}} F \cdot dr = -F \left\{ v_0 \frac{T}{2} \right\} = -0,2 \cdot 2 \cdot \frac{4}{2} \text{ Дж}$$

$$= -0,2 \cdot 4 \text{ Дж} = -0,8 \text{ Дж}$$

Ответ: $S = 20 \text{ м}$, $F = 0,2 \text{ Н}$, $A = -0,8 \text{ Дж}$



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
☐

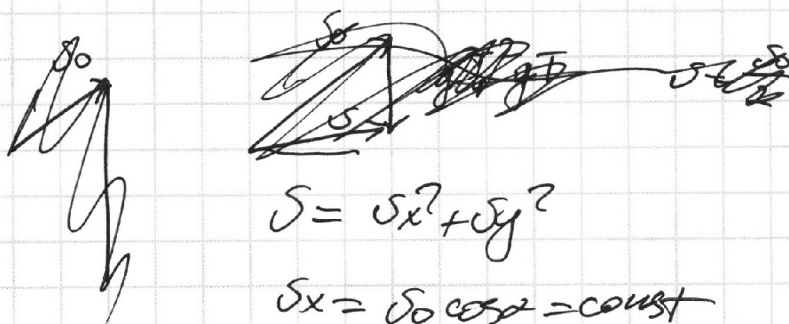
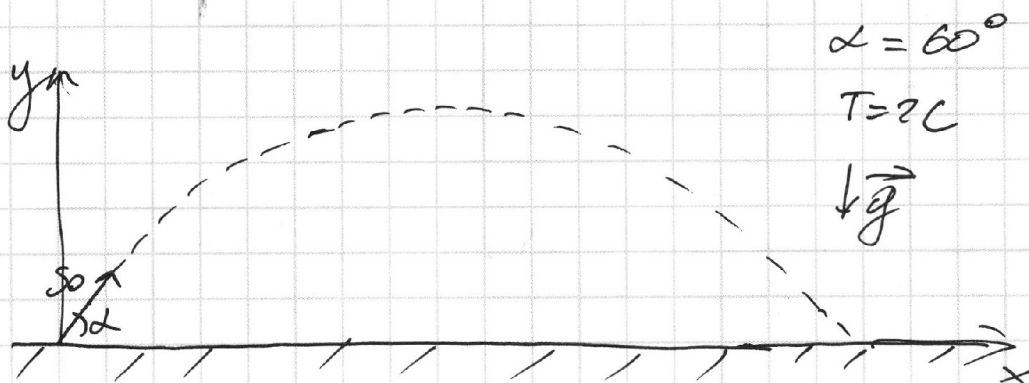
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА

4 из 9

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!



$$S = v_x^2 + v_y^2$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - g t$$

$$v^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t =$$

$$= v_0^2 + g^2 t^2 - 2 v_0 \sin \alpha g t$$

$$\frac{v_0^2}{4} = v_0^2 + g^2 T^2 - 2 v_0 \sin \alpha g T \quad | \cdot 4$$

$$\begin{aligned} 64 \cdot \sin^2 \alpha \cdot g^2 T^2 &= \\ = 64 \cdot \frac{3}{4} \cdot g^2 T^2 &= \\ = 48 g^2 T^2 \end{aligned}$$

~~или~~

$$3 v_0^2 + 4 g^2 T^2 - 8 v_0 \sin \alpha g T = 0$$

$$3 v_0^2 - 8 v_0 \sin \alpha g T + 4 g^2 T^2 = 0$$

$$v_0 = \frac{8 \sin \alpha g T \pm \sqrt{64 \sin^2 \alpha g^2 T^2 - 48 g^2 T^2}}{6} = \frac{8 \sin \alpha g T}{6}$$

$$= \frac{4}{3} \sin \alpha g T = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot g \cdot T = 2 \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot g T$$



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 9

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!

$$H = v_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2} = x \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot gT \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot T - \frac{gT^2}{2} =$$

$$= gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = 10 \cdot \frac{4}{2} \text{ м} = 20 \text{ м}$$

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha t)^2 + H^2} =$$

$$= \sqrt{\left(x \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot gT \cdot \frac{1}{2} \cdot T\right)^2 + H^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{3} gT^2\right)^2 + H^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{3} g^2 T^4 + H^2} = \sqrt{\frac{1}{3} g^2 T^4 + \frac{1}{4} g^2 T^4} =$$

$$= \sqrt{\frac{4+3}{12} g^2 T^4} = \sqrt{\frac{7}{12}} gT^2 = \sqrt{\frac{4}{3}} \frac{gT^2}{2} =$$

$$= \sqrt{\frac{4}{3}} \cdot \frac{10 \cdot 4}{2} = \sqrt{\frac{4}{3}} \cdot 20 = 20 \sqrt{\frac{4}{3}} \text{ м.}$$

~~$$v_y = v_0 \sin \alpha - gT = \frac{4}{3} \sin^2 \alpha gT - gT =$$~~

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gT = \frac{4}{3} \sin^2 \alpha gT - gT =$$

$$= gT - gT = 0 \Rightarrow \text{это вершина траектории}$$

$$a_n = g \quad v = v_0 \cos \alpha = \frac{4}{3} \sin \alpha \cos \alpha + gT =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot gT = \frac{\sqrt{3}}{3} gT$$

$$R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{g^2 T^2}{3 \cdot g} = \frac{gT^2}{3} = \frac{10 \cdot 4}{3} \cdot \text{м} = \frac{40}{3} \text{ м}$$

Ответ: $|\vec{r}| = 20 \sqrt{\frac{4}{3}} \text{ м}$, $H = 20 \text{ м}$, $R = \frac{40}{3} \text{ м}$



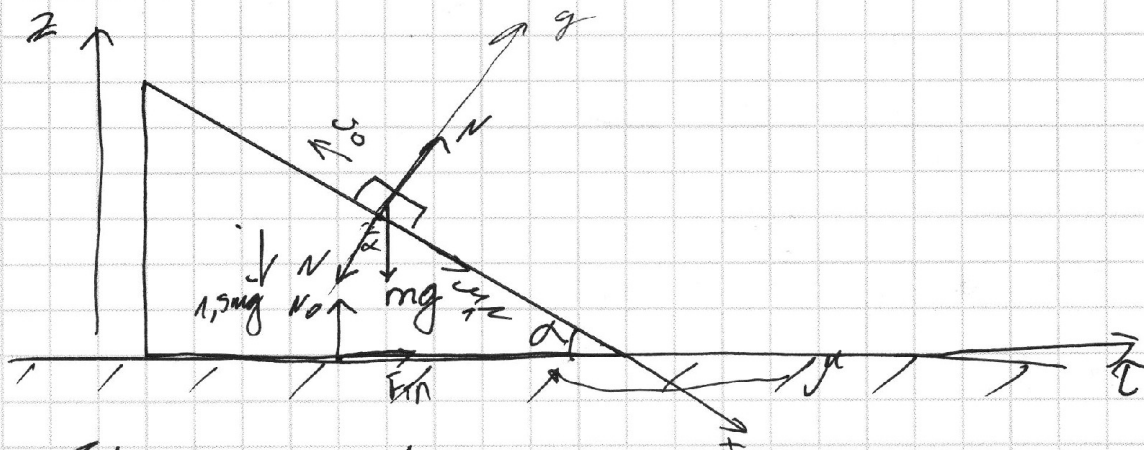
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

6 из 8

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!



$$v = v_0 - at$$

$$v_0 = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a_1 = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

из гр-ка.

ок: μ_1

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

$$ox: \mu_1 N + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$\mu_1 mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$a_1 = \mu_1 g \cos \alpha + g \sin \alpha = g(\mu_1 \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Когда ск-сть изменила направление:

$$a_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\mu_1 = \frac{a_1 - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{0,6 - 9,8 \sin \alpha}{9,8 \cos \alpha} = \frac{6 - 9,8 \sin \alpha}{9,8 \cos \alpha} = \frac{20}{21}$$

$$ox: mg \sin \alpha - \mu_1 N = ma_2$$

$$a_2 = g \sin \alpha - \mu_1 g \cos \alpha = g(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha)$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{0,6 + 2}{2 \cdot 9,8} = \frac{2,6}{19,6} = 0,13$$



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
7 из 9

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!

$$\begin{aligned} \text{По } OZ: N_0 &= 1,5mg + N \cos \alpha - \mu N \sin \alpha \quad \text{---} \\ &= 1,5mg + mg \cos^2 \alpha = mg(1,5 + \cos^2 \alpha) = \\ &= mg(1,5 + 1 - 0,16) = mg(2,5 - 0,16) = \\ &= mg \cdot 2,34mg = 2,34 \cdot 0,4 \cdot 10^4 \text{ Н} \\ &= 4 \cdot 2,34 \text{ Н} = 8 \text{ Н} + 1,2 \text{ Н} + 0,16 \text{ Н} = 9,36 \text{ Н} \end{aligned}$$

~~$F_{TP} =$~~

~~$$F_T = \mu \cdot N_0 = \mu \cdot 2,34mg$$~~

~~$$\text{По } OY: F_T - N \sin \alpha = 0$$~~

~~$$F_T = N \sin \alpha = \mu \cdot 2,34mg$$~~

~~$$mg \cos \alpha = \mu \cdot 2,34mg$$~~

~~$$\cos \alpha = \mu \cdot 2,34$$~~

~~$$\mu = \frac{\cos \alpha}{2,34} = \frac{0,84}{2,34} = \frac{84}{234} = \frac{42}{117} \text{ ---}$$~~

~~$$\mu \geq \frac{42}{117}$$~~

$$\begin{aligned} \Rightarrow 1,5mg + N \cos \alpha &= 1,5mg + mg \cos^2 \alpha - \frac{2}{11} \cdot mg \cos \alpha = \\ &= 1,5mg(1,5 + 0,16 - \frac{2\sqrt{0,84}}{11}) = mg(1,66 - \frac{2\sqrt{0,84}}{11}) \end{aligned}$$

Второй вариант решения задачи при условии $\mu \geq \frac{42}{117}$

При условии $\mu \geq \frac{42}{117}$:

~~$$N_0 = mg(1,66 + \frac{2\sqrt{0,84}}{11})$$~~

~~$$\text{По } OY: \mu mg(1,66 + \frac{2\sqrt{0,84}}{11}) \cos \alpha - N \sin \alpha + \mu \cdot N \cos \alpha = 0$$~~

~~$N =$~~



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
9 из 9

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!

Для оценки, где N и требуется больше:

$$\mu = \frac{F_0}{N}$$

Векра:

$$N = \frac{F_0}{\mu}$$

$$N = \frac{F_0}{\mu}$$

~~Нужно найти больше~~
 ~~F_0 равно~~
 ~~F_0 равно~~
 ~~F_0 равно~~
 ~~F_0 равно~~

$$\mu = \frac{N \sin \alpha + \mu_1 N \cos \alpha}{1,5 mg + N \cos \alpha - \mu_1 N \sin \alpha} - \text{больше}$$

Применяя:

$$\mu = \frac{N \sin \alpha - \mu_1 N \cos \alpha}{1,5 mg + N \cos \alpha + \mu_1 N \sin \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{N \sin \alpha + \mu_1 N \cos \alpha}{1,5 mg + N \cos \alpha - \mu_1 N \sin \alpha} = \frac{mg \cos \alpha \sin \alpha + \frac{5}{11} \cdot mg \cos^2 \alpha}{mg (1,66 - \frac{2 \sqrt{0,847}}{11})} =$$

$$= \frac{0,4 \sqrt{0,847} + \frac{5}{11} \cdot 0,84}{1,66 - \frac{2 \sqrt{0,847}}{11}} = \frac{0,4 \sqrt{0,847} + 4,2}{1,66 \cdot 11 - 2 \sqrt{0,847}} =$$

$$= \frac{0,4 \frac{\sqrt{21}}{105} + 4,2}{1,66 \cdot 11 - \frac{2 \sqrt{21}}{5}} = \frac{0,4 \sqrt{21} + 21}{1,66 \cdot 11 \cdot 5 - 2 \sqrt{21}}$$

$$\mu \geq \frac{0,4 \sqrt{21} + 21}{1,66 \cdot 11 \cdot 5 - 2 \sqrt{21}}$$

Orlet: $\sin \alpha = 0,4$, $N = (1,66 - \frac{2 \sqrt{0,847}}{11}) mg =$
 $= 11,66 - \frac{2}{5} \frac{\sqrt{21}}{11} mg$, $\mu \geq \frac{0,4 \sqrt{21} + 21}{1,66 \cdot 11 \cdot 5 - 2 \sqrt{21}}$



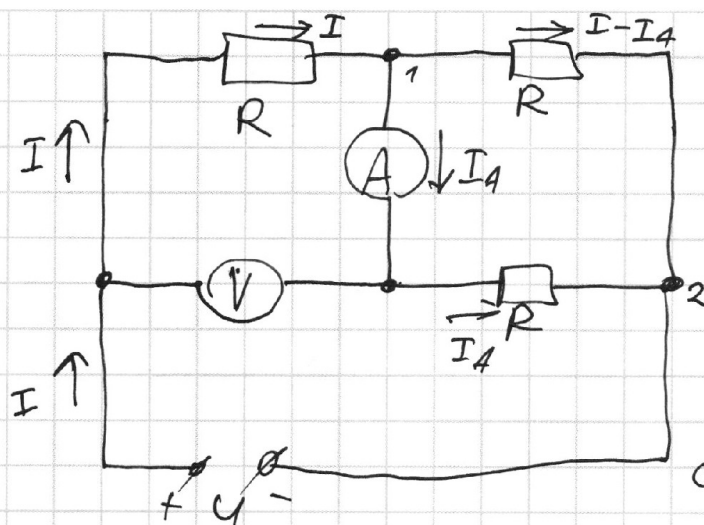
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

3 из 9

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!



$$R = 200 \Omega$$

$$U = 120 \text{ В}$$

$$R_1 \gg R$$

$$R_A \ll R \Rightarrow \text{можно считать идеальным}$$

Рассчитаем ток

с учетом з-на Ома и I - в пр-ля формулы:

Через (V) ток не течёт т.к. он идеальный

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (I - I_A) R = I_A R$$

$$2 I_A R = I R$$

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

$$I = 2 I_A$$

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

$$I_A = \frac{I}{2}$$

$$= \frac{3}{2} I R \Rightarrow I = \frac{2}{3} \frac{U}{R} = \frac{2 \cdot 120}{3 \cdot 200} \text{ А} = \frac{40}{100} = 0,4 \text{ А}$$

$$I_A = \frac{I}{2} = 0,2 \text{ А}$$

$$P = I^2 R + \left(\frac{I}{2}\right)^2 R + \left(\frac{I}{2}\right)^2 R =$$

$$= I^2 R + \frac{I^2}{2} R = \frac{3}{2} I^2 R = \frac{3}{2} \cdot 0,16 \cdot 200 \text{ Вт} = 0,24 \cdot 200 \text{ Вт}$$

$$= 48 \text{ Вт}$$

Тогда можно было написать

$$P = I U = 0,4 \cdot 120 \text{ Вт} = 48 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } I = 0,4 \text{ А}, I_A = 0,2 \text{ А}, P = 48 \text{ Вт}$$



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

8 из 8

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!

$$c_B m (t_1 - t_0) = c_A (t_0 - t_2) m + \lambda m_1 \quad t_0 = 0^\circ \text{C}$$

~~ВРА~~

m_1 — растаявший лёд

$$h = \frac{11}{8} = \frac{m + m_1}{m - m_1}$$

$$8m + 8m_1 = 11m - 11m_1$$

$$20m_1 = 3m$$

$$m_1 = \frac{3m}{20}$$

$$\delta = \frac{m_1}{m} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$c_B m (t_1 - t_0) = c_A (t_0 - t_2) m + \lambda \frac{m}{10}$$

$$t_1 = \frac{c_A (t_0 - t_2) + \frac{\lambda}{10} + c_B t_0}{c_B} = \frac{-t_2 c_A + \frac{\lambda}{10}}{c_B}$$

$$= \frac{20 \cdot 2,1 \cdot 10^3 + 336 \cdot 10^4}{4,2 \cdot 10^3} ^\circ \text{C} = \frac{20 \cdot 2,1 + 33,6}{4,2} ^\circ \text{C}$$

$$= \frac{42 + 33,6}{4,2} ^\circ \text{C} = \frac{75,6}{4,2} ^\circ \text{C} = \frac{156}{21} ^\circ \text{C} = 18^\circ \text{C}$$

~~ВРА~~ Ответ: $\delta = 0,1$, $t_1 = 18^\circ \text{C}$



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
__ ИЗ __

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!

