



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



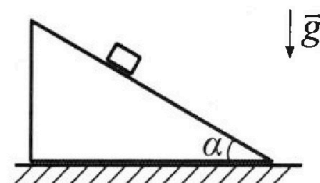
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

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 $t = T$.

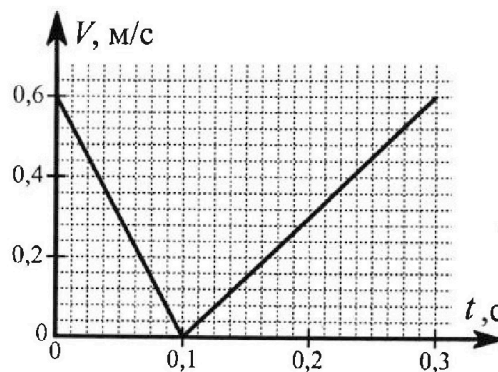
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

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?





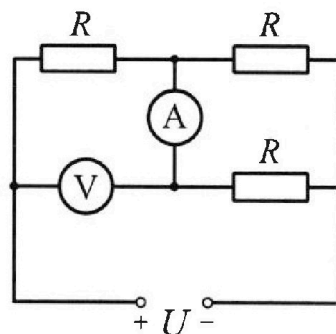
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.



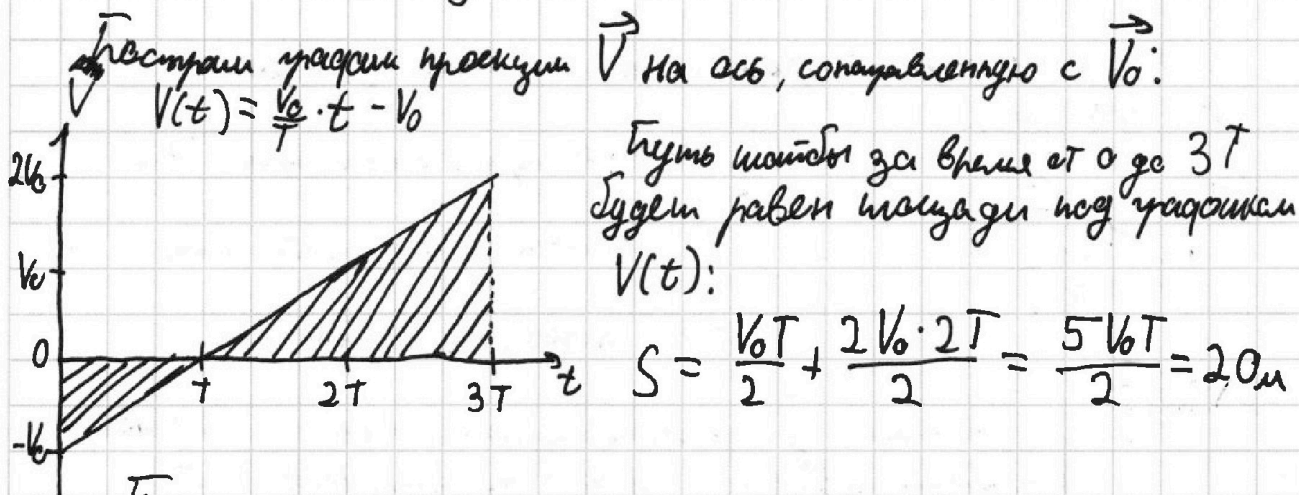
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

Задача 1.



Площадь мы можем описать скоростью через ускорение:

$V_x = at + V_{0x}$, в нашем случае $V_{0x} = -V_0$, а $a = \frac{V_0}{T}$

Теперь мы можем найти силу F по 2-му закону Ньютона:

$$F = ma = \frac{mV_0}{T} = 0,2 \text{ Н}$$

Далее по определению, это скалярное произведение вектора силы на вектор перемещение: $A = (\vec{F}; \vec{S}_n) = FS_n \cos \alpha$, где α - угол между $\vec{F}$ и $\vec{S}_n$.
За время от 0 до T $\alpha = 180^\circ \Rightarrow \cos \alpha = -1$, а $A = -FS_n$.

S_n найдем из уравнения: $S_n = \frac{V_0 T}{2}$, тогда:

$$A = -FS_n = -\frac{mV_0}{T} \cdot \frac{V_0 T}{2} = -\frac{mV_0^2}{2} = -0,8 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $S = \frac{5V_0 T}{2} = 20 \text{ м}$;

2) $F = \frac{mV_0}{T} = 0,2 \text{ Н}$

3) $A = -\frac{mV_0^2}{2} = -0,8 \text{ Дж}$



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
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!

Задача 2.

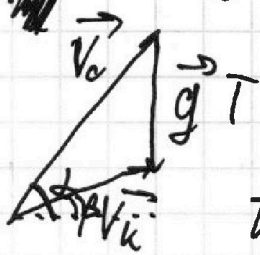
Посмотрим векторной суммой скоростей, за время T :

$$\vec{V}_k = \vec{V}_0 + \vec{g}T$$

$\vec{V}_k$ - вектор скорости камня через $T = 2\text{ с}$

$\vec{V}_0$ - начальный вектор скорости камня

β - угол с горизонтом вектор $\vec{V}_k$



Поскольку $\vec{g}$ направлен только по вертикали, запишем равенство горизонтальных скоростей:

$$|V_k| = \frac{|V_0|}{2} \quad (\text{из условия})$$

$$V_k \cos \beta = V_0 \cos \alpha$$

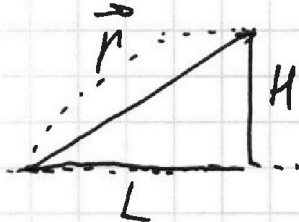
$$\frac{V_0}{2} \cos \beta = V_0 \cos \alpha \Rightarrow \cos \beta = 2 \cos \alpha = 1 \Rightarrow \beta = 0^\circ$$

Получим, что за время $T = 2\text{ с}$, тело достигло максимальной высоты и его вертикальная скорость равна 0, значит: $V_{0y} = gT$ - начальная вертикальная скорость

$$H = V_{0y}T - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = 20\text{ м}$$

Найдём V_0 : $V_0 = \frac{gT}{\sin \alpha} = \frac{2}{\sqrt{3}} gT$, тогда перемещение тела по горизонтали равно:

$$L = \frac{V_0}{2} \cdot T = \frac{gT^2}{\sqrt{3}}$$



Найдём r :

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

$$r = 20\sqrt{\frac{7}{3}}\text{ м}$$



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
☐

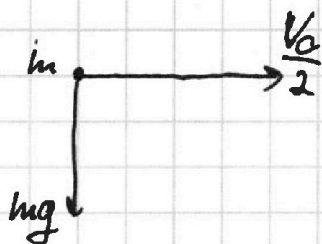
7
☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

Задача 2 (продолжение).

Найти радиус R в момент $T=2$ с:



Пусть масса камня m .

~~Нам нужно~~ Сила тяжести, действующая на камень, имеет горизонтальную составляющую, т.к. ~~тогда~~ сила тяжести перпендикулярна скорости движения, то нормальное ускорение равно g , тогда оно равно $\frac{v_k^2}{R}$

$$\Rightarrow g = \frac{v_k^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v_k^2}{g} \Rightarrow \frac{v_0^2}{4g} = \frac{4gT^2}{4g} = \frac{gT^2}{3} = \frac{40}{3} = 13\frac{1}{3} \text{ м} \approx 13,3 \text{ м}$$

Ответ:

- 1) $H = \frac{gT^2}{2} = 20 \text{ м}$
- 2) $r = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{gT^2}{2} = 20\sqrt{\frac{2}{3}} \text{ м}$
- 3) $R = \frac{gT^2}{3} \approx 13,3 \text{ м}$



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 3

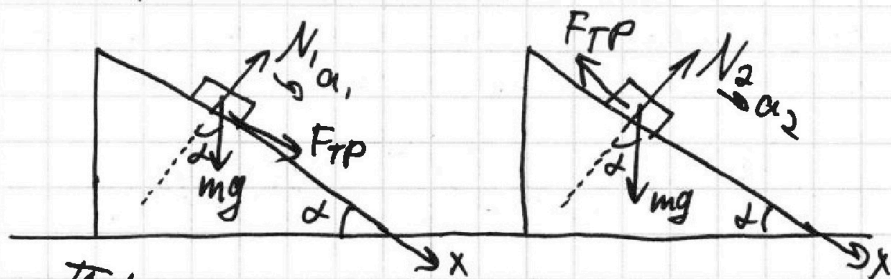
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 3.

Так как шайба сначала замедлялась, потом остановилась и начала ускоряться, значит её запустили вверх по клину, рассмотрим действующие на неё силы:

погружена:

выскочила



т.к. клин покоится, то равнодействующая сил на ось перпендикулярную поверхности клина равна 0 $\Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha$; $N_2 = mg \cos \alpha \Rightarrow$

Значит сила тяжести и нормальное давление и трение

$$N_1 = N_2$$

одинаковы и равны $F_{тр}$.

Найдём a_1 и a_2 по ускорению:

Затем II закон Ньютона на ось X. $a_1 = \frac{v_1}{T_1} = \frac{0,6 \text{ м}}{0,1 \text{ с}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - при погружении

$a_2 = \frac{v_2}{T_2} = \frac{0,6 \text{ м}}{0,2 \text{ с}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - при выскочке

$$ma_1 = mg \sin \alpha + F_{тр}$$

Сложим уравнения и получим, что

$$ma_2 = mg \sin \alpha - F_{тр}$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{9}{20} = 0,45$$

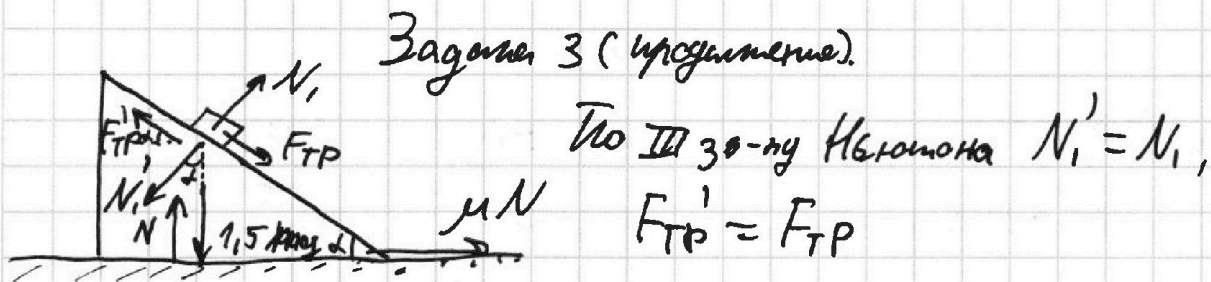
В промежутке $0 < t < 0,1 \text{ с}$ шайба погружалась расс-м этим случай погружения.



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!



Решим II 3-й Ньютон на вертикальную ось:

$$0 = N + F_{TP}' \sin \alpha - 1,5 mg - N_1' \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = 1,5 mg + N_1' \cos \alpha - F_{TP}' \sin \alpha$$

$$F_{TP} = m a, - mg \sin \alpha$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = 1,5 mg + mg \cos^2 \alpha - m a, \sin \alpha + mg \sin^2 \alpha$$

$$N = 1,5 mg + mg (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) - m a, \sin \alpha$$

"(основн. триг.)
1,08

$$N = 2,5 mg - m a, \sin \alpha = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 10 - 0,4 \cdot 6 \cdot 0,45 = 8,92 \text{ Н}$$

При обратном движении сила F_{TP}' будет действовать по силе вниз, что увеличит N и уменьшит результирующую горизонтальную сил, что значит для $t > 0,1 \text{ с}$ требуется меньший μ , чем при $t < 0,1 \text{ с}$, найдем эту μ :

$$\mu N \geq F_{TP}' \cos \alpha + N_1' \sin \alpha$$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 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!

Задача 3 (продолжение)

$$\mu N \geq ma, \cos \alpha - mg \sin \alpha \cos \alpha + mg \cos \alpha \sin \alpha$$

$$\Rightarrow \mu N \geq ma, \cos \alpha \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{ma, \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{m(2,5g - a, \sin \alpha)} = \frac{6 \sqrt{1 - 0,2025}}{22,3} = \frac{6}{22,3} \sqrt{0,7975}$$

$$= \frac{6}{22,3} \cdot \frac{1}{100} \cdot 5 \cdot \sqrt{319} = \frac{3}{223} \sqrt{319}$$

Ответ: 1) $\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = 0,45$

2) $N = 2,5mg - ma, \sin \alpha = 8,92 \text{ Н}$

3) $\mu \geq \frac{3\sqrt{319}}{223}$



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 ☐

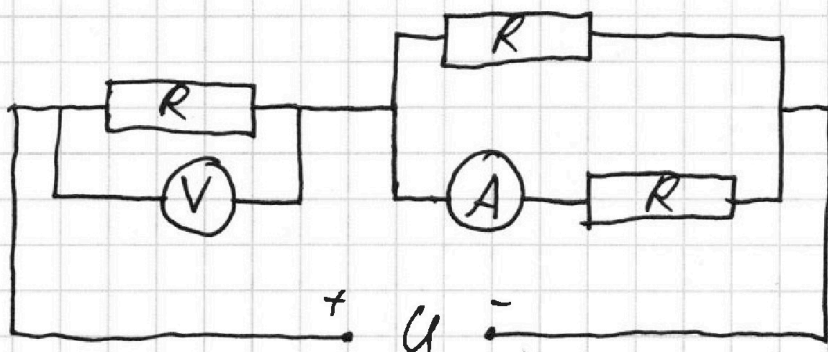
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

Задача 4.

Так как сопротивление ^{очень}высоко, значит падение напряжения, что ток через него не потечёт, а сопротивление считается очень мало, значит напряжение на нём равно 0.

Перерисуем эквивалентную схему:



Общее сопротивление цепи будет складываться из параллельного соединения R и $R (\frac{R}{2})$ и последовательного $R \Rightarrow$

$$R_x = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2} \text{ — общее сопротивление цепи}$$

Тогда сила тока через цепочку, по закону Ома равна:

$$I = \frac{U}{R_x} = \frac{24}{\frac{3R}{2}} = \frac{240}{600} \text{ A} = 0,4 \text{ A}$$

Амперметр будет измеривать ток на ~~отрезке~~ ^{на отрезке} ~~резистора~~ ^{резистора} ~~в параллельном соединении~~, так как сопротивление резисторов одинаково, то ток там будет равен, и по 3-му закону Кирхгофа:

$$I_A + I_A = I$$

$$I_A = \frac{I}{2} = 0,2 \text{ A}$$

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R_x} = \frac{2U^2}{3R} = 48 \text{ Вт}$$

А мощность рассеиваемая будет равна по закону Джоуля-Ленца:

Ответ: 1) $I = \frac{24}{3R} = 0,4 \text{ A}$

2) $I_A = \frac{I}{2} = 0,2 \text{ A}$

3) $P = \frac{2U^2}{3R} = 48 \text{ Вт}$



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.

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!

Задача 5.

Найдём δ , для этого рассмотрим h , $h = \frac{m_B}{m_A}$ - масса воды - масса льда

$$m_B = m_0 + \delta m_0$$

$$m_A = m_0 - \delta m_0$$

$$h = \frac{m_0 + \delta m_0}{m_0 - \delta m_0} = \frac{1 + \delta}{1 - \delta} \Rightarrow h - h\delta = 1 + \delta$$

$$\delta = \frac{h-1}{h+1} = \frac{\frac{11}{9}-1}{\frac{11}{9}+1} = \frac{\frac{11-9}{9}}{\frac{11+9}{9}} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10} = 0,1$$

Запишем теперь уравнение теплового баланса, у нас был вода до t_0 (и.к. в итоге смесь воды и льда), а весь лёд тоже дошёл до t_0 , но и δm_0 растаяло.

$$C_B m_0 (t_1 - t_0) = C_A m_0 (t_0 - t_2) + \lambda \cdot \delta m_0$$

$$C_B (t_1 - t_0) = C_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta$$

$$\Rightarrow t_1 = t_0 + \frac{C_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta}{C_B} = 0 + \frac{2100 \cdot 20 + 336000 \cdot \frac{1}{10}}{4200}$$

$$= \frac{42000}{4200} + \frac{33600}{4200} = 10 + \frac{336}{42} = 10 + \frac{6 \cdot 7 \cdot 8}{42 \cdot 8} = 18^\circ \text{C}$$

Ответ: 1) $\delta = \frac{h-1}{h+1} = \frac{1}{10}$

2) $t_1 = t_0 + \frac{C_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta}{C_B} = 18^\circ \text{C}$

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
☐

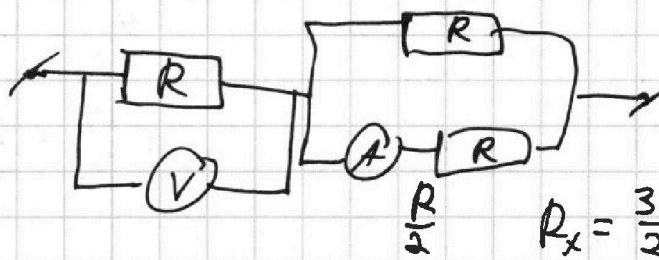
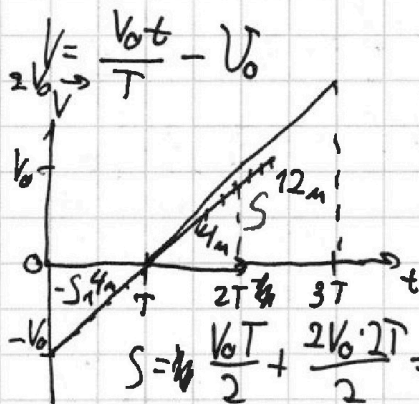
5
☐

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!



$$\frac{2400}{600} = 48$$

$$R_x = \frac{3R}{2}$$

$$I = \frac{U}{R_x} = \frac{24}{3R} = \frac{24 \cdot 8}{600 \cdot 8} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ A}$$

$$I_A = \frac{I}{2} = 0,2 \text{ A}$$

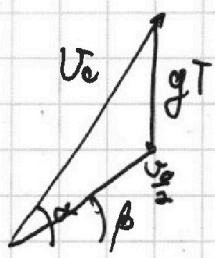
$$P = UI = \frac{U^2}{R_x} = \frac{120 \cdot 0,4}{8} = 4 \text{ Вт}$$

$$V_x = at + U_{0x} \quad U_{0x} = -U_0 \quad \frac{120}{24} = 5$$

$$F = ma = \frac{mv}{T} = \frac{0,4 \cdot 2}{24} = 0,2 \text{ Н}$$

$$A = (\vec{F}; \vec{S}_1) = -FS_1 = -0,2 \cdot 4 = -0,8 \text{ Дж}$$

$$\frac{8 \cdot 14400}{3 \cdot 1000} = \frac{144}{3}$$



$$v_0 \cos \alpha = \frac{v_0}{2} \cos \beta$$

$$\cos \beta = 2 \cos \alpha = 1$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$\frac{144}{12} = 12$$

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

$$S_x = \frac{v_0}{2} \cdot T = \frac{1}{\sqrt{3}} g T^2$$

$$p = \sqrt{S_x^2 + h^2} = \sqrt{\frac{1}{3} g^2 T^4 + \frac{g^2 T^4}{4}} =$$

$$= g T^2 \sqrt{\frac{7}{12}} =$$

$$U_0^2 = \frac{v_0^2}{4} + g^2 T^2$$

$$\frac{3}{4} U_0^2 = g^2 T^2$$

$$U_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} g T =$$

$$\frac{120}{600} = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$g = \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{v^2}{g} = \frac{U_0^2}{4g} = \frac{\frac{4}{3} g^2 T^2}{4g} = \frac{g T^2}{3} = \frac{40 \cdot 133}{3}$$

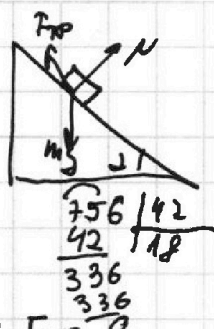


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

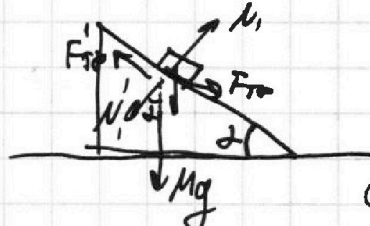
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



$$a_1 = \frac{v_1}{t_1} = \frac{0,6 \frac{m}{s}}{0,1 \frac{s}} = 6 \frac{m}{s^2}$$

$$a_2 = \frac{v_2}{t_2} = \frac{0,6 \frac{m}{s}}{0,2 \frac{s}} = 3 \frac{m}{s^2}$$



$$\begin{array}{r} 0,45 \\ \times 0,45 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 0,2025 \\ \times 2,4 \\ \hline 475 \\ 96 \\ \hline 1080 \\ \times 0,45 \\ \hline 475 \\ 96 \\ \hline 1080 \end{array}$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$ma_1 = mg \sin \alpha + F_{тр}$$

$$ma_2 = mg \sin \alpha - F_{тр}$$

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

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{9}{20} = 0,45$$

$$N = Mg + N_1 \cos \alpha - F_{тр} \sin \alpha = 1,5mg + mg \cos^2 \alpha - m(a_1 - g \sin \alpha)$$

$$N = 1,5mg + mg \cos^2 \alpha - m a_1 \sin \alpha + mg \sin^2 \alpha = 2,5mg - m a_1 \sin \alpha$$

$$N = 1,92$$

$$25 - 6 \cdot 0,45 = 2,3$$

$$\mu N = F_{тр} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{F_{тр} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha}{N}$$

$$\begin{array}{r} 7575 \mid 5 \\ 15 \\ \hline 09 \\ 5 \\ \hline 45 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 373 \mid 7 \\ 20 \\ \hline 39 \end{array}$$

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

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

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

$$\delta = \frac{h - 1}{1 + h} = \frac{11 - 1}{1 + 11} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6} = 0,83$$

$$\begin{array}{r} 7975 \mid 25 \\ 5 \\ \hline 29 \\ 25 \\ \hline 47 \end{array}$$

$$t_1 = t_0 + \frac{C_A(t_0 - t_1) + \sqrt{h}}{C_B} = \frac{2100 \cdot 20 + 336000}{4200}$$