



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 $t = T$.

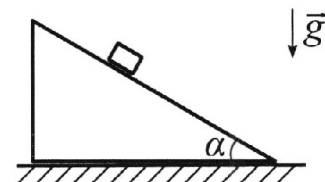
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

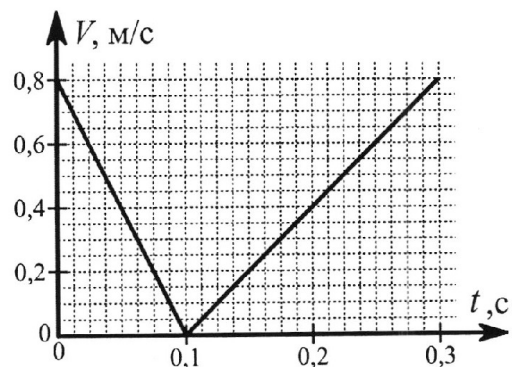
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до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





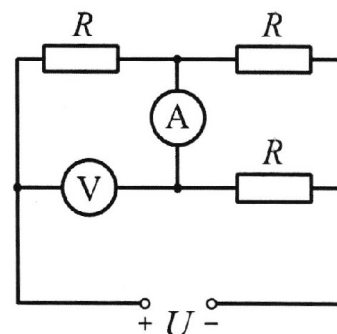
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.



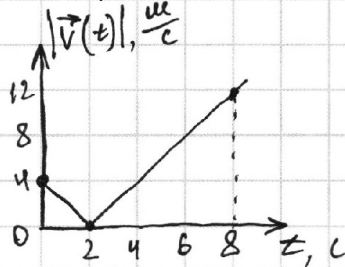
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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.



1. ПОСТРОИМ ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ $|\vec{v}(t)|$

$$|\vec{v}(t)| = \left| \vec{v}_0 - \frac{\vec{v}_0}{T} t \right|; |\vec{v}_0| = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}; T = 2 \text{ с}.$$

Площадь под графиком от $t=0$ до

$$t = 4T = 8 \text{ с} \text{ будет } S. S = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с}}{2} + \frac{12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 6 \text{ с}}{2} = 40 \text{ м}$$

2. Если зависимость скорости от времени при

равноускоренном движении $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t$, то

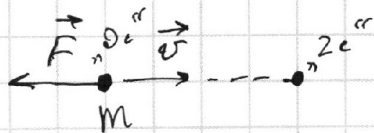
$$\vec{a} = -\frac{\vec{v}_0}{T}; \vec{F} = m\vec{a} = -m \frac{\vec{v}_0}{T} \Rightarrow |\vec{F}| = \frac{m|\vec{v}_0|}{T} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}}$$

$= 0,4 \text{ Н}$ (пренебрегаем силой трения)

3. На промежутке времени от $t=0$ до $t=T=2 \text{ с}$, шайба

не меняла направление движения, значит модуль перемещения $|\vec{s}|$ равен пройденному пути.

$$|\vec{s}| = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с}}{2} = 4 \text{ м}. A = \vec{F} \cdot \vec{s} \text{ (скалярное произвед.)}$$



$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos(\vec{F}, \vec{s}) = 0,4 \text{ Н} \cdot 4 \text{ м} \cdot \cos 180^\circ = -1,6 \text{ Дж}.$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \Rightarrow \vec{F} \parallel \vec{v} \parallel \vec{s} \parallel \vec{a}.$$

Ответ: $S = 40 \text{ м}$; $|\vec{F}| = 0,4 \text{ Н}$; $A = -1,6 \text{ Дж}$.

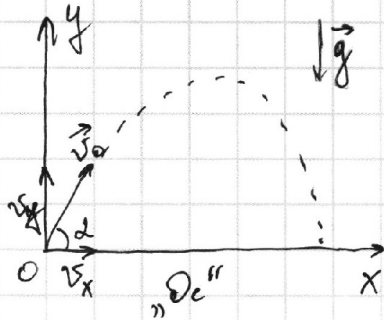


1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
12 из 82

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.



Введём координатную плоскость

УОХ, пусть мяч перед ударом

покоится в начале координат,

разобьём скорость мяча на

проекции по осям. $v_y = |\vec{v}_0| \sin \alpha$; $v_x = |\vec{v}_0| \cos \alpha$

(см. рис.), тогда координаты мяча зависят от време

ни по закону: $v_{y0} = |\vec{v}_0| \sin \alpha$

$$\begin{cases} x(t) = v_x t \\ y(t) = v_{y0} t - \frac{g t^2}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} v_x = \text{const} \\ v_y = |\vec{v}_0| \sin \alpha - g t \end{cases}$$

наибольшая скорость при наибольшей $|v_y|$, т.к.

$v_x = \text{const}$. На промежутке времени $0 \leq t \leq t_c$.

$|v_y| = |\vec{v}_0| \sin \alpha - g t$ — максимум из наибольших (нач. вр.) $\Rightarrow$

$$V_{\max} = |\vec{v}_0|$$

Наименьшая скорость при $|v_y|$ наименьшем

$$|v_y| = 0 \Big|_{t=2t_c} \Rightarrow V_{\min} = v_x = |\vec{v}_0| \cos \alpha$$

$$\frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{|\vec{v}_0|}{|\vec{v}_0| \cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha} = 2 \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
24 ИЗ 82

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!

$$y(t) = 0 \text{ при } t = T = 4 \text{ с.}$$

$$v_{y0}T - \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$v_{y0} = \frac{gT}{2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow |\vec{v}_0| = \frac{v_{y0}}{\sin \alpha} = \frac{40}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow$$

$$v_x = |\vec{v}_0| \cos \alpha = \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

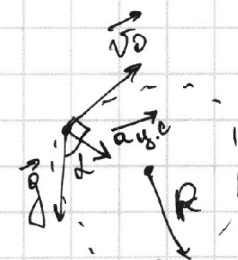
1. Наименьшая высота H достигается при $t = 2 \text{ с}$,

т.к. при $t = 2 \text{ с}$ v_y меняет направление,

$$H = y(2 \text{ с}) = v_{y0} \cdot 2 \text{ с} - \frac{g \cdot (2 \text{ с})^2}{2} = 20 \text{ м}$$

$$2. S = x(4 \text{ с}) = v_x \cdot 4 \text{ с} = \frac{80}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3.



$$\frac{|\vec{v}_0|^2}{R} = |\vec{a}_{y.c.}| = |\vec{g}| \cos \alpha \text{ (см. рис.)}$$

$$R = \frac{|\vec{v}_0|^2}{|\vec{g}| \cos \alpha} = \frac{320}{3} \text{ м} \approx 106,7 \text{ м}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$; $S = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$; $R = 106,7 \text{ м}$, $\frac{320}{3} \text{ м}$



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.



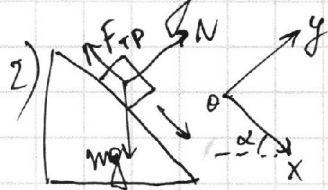
СТРАНИЦА
16 ИЗ 83

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.

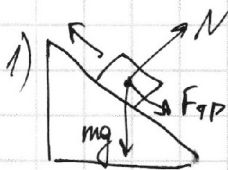
По графику понятно, что шайба сначала движется вверх по клину ($0 \text{ с} - 0,1 \text{ с}$), а потом вниз ($0,1 \text{ с} - 0,2 \text{ с}$)

Равнодействующая при движении вверх

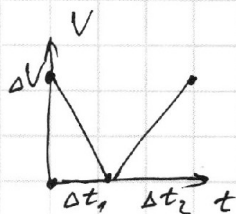


$$F_1 = m \cdot \frac{\Delta V_{\uparrow}}{\Delta t_1} = 0,2 \text{ кг} \cdot \frac{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,1 \frac{\text{с}}{\text{с}}} = 1,6 \text{ Н}$$

$$\text{вниз} - F_2 = m \cdot \frac{\Delta V_{\downarrow}}{\Delta t_2} = 0,2 \text{ кг} \cdot \frac{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,2 \text{ с}} = 0,8 \text{ Н}.$$



Перейдём на проекции на оси Ox и Oy :



$$\begin{cases} 1) \begin{cases} Ox: mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = F_1 \text{ (из рис.)} \\ Oy: -mg \cos \alpha + N = 0 \\ F_{\text{тр}} = N \mu_1 \end{cases} \\ 2) \begin{cases} Ox: -F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = F_2 \text{ (из рис.)} \\ Oy: N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases} \end{cases}$$

$$N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha \mu_1$$

$$mg \sin \alpha + mg \cos \alpha \mu_1 = F_1$$

$$\begin{cases} 2) \begin{cases} Ox: -F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = F_2 \text{ (из рис.)} \\ Oy: N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases} \end{cases}$$

$$mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu_1 = F_2 \text{ (аналогично)}$$



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
24 из 33

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!

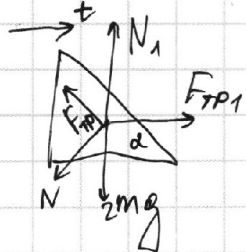
$$\begin{cases} mg \sin \alpha + mg \cos \alpha \mu_1 = F_1 \\ mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu_1 = F_2 \end{cases}$$

$$2 mg \sin \alpha = F_1 + F_2$$

$$\sin \alpha = \frac{F_1 + F_2}{2mg} = \frac{1,6 \text{ Н} + 0,8 \text{ Н}}{2 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

2. Т.к. клин не движется, то наибольшая

$F_{\text{тр1}}$ есть сумма сил действующих на клин.



При движении шайбы вверх:

$$\text{от: } F_{\text{тр1}} = F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha$$

При движении вниз:

$$\text{от: } F_{\text{тр2}} = F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр1}} > F_{\text{тр2}}$$

$$\text{Наибольшая } F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha \sin \alpha + mg \cos^2 \alpha \mu_1$$

$$\text{Но } F_1 = mg \sin \alpha + mg \cos \alpha \mu_1 \Rightarrow F_{\text{тр}} = F_1 \cos \alpha = 1,6 \text{ Н} \cdot 0,8 = 1,28 \text{ Н}$$

3. Наибольшая горизонтальная сила, действующая на клин 1,28 Н



$$N_2 = 2mg; F_{\text{тр}} = N_1 \mu_1 - \text{наибольшая сила трения}$$



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
~~38~~ ИЗ ~~83~~

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!

$$F_{TP} = 2mg\mu \quad F_{TP} \geq 1,28 \text{ Н} - \text{условие покоя}$$

$$2mg\mu \geq 1,28 \text{ Н}$$

$$\mu \geq \frac{1,28 \text{ Н}}{2 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,32$$

$$\mu \in [0,32; +\infty)$$

$$\text{ОТВЕТ: } \sin \alpha = 0,6; \quad F_{TP} = 1,28 \text{ Н}; \quad \mu \in [0,32; +\infty)$$



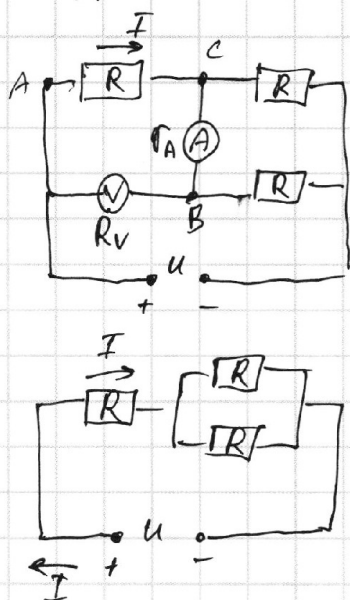
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
14 из 81

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.



$r_A \ll R$ и $R_V \gg R \Rightarrow$ можно считать, что $\textcircled{A}$ — это перемычка, а $\textcircled{V}$ — разрыв цепи. Перерисуем цепь:

Эквивалентное сопротивление цепи $R_3 = 1,5R = R + (R + R)^{-1} = 150 \text{ Ом}$

1. $I = \frac{U}{R_3} = \frac{30 \text{ В}}{150 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}$

2. $\textcircled{V}$ показывает напряжение между A и B, но считая $\textcircled{A}$ перемычкой, то — между A и C

$$U_B = RI = 20 \text{ В}$$

3. $P = UI = 6 \text{ Вт}$

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



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
15 из 81

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.

1. Пусть изначально было 8 т воды и 8 т льда,

тогда после установления теплового баланса

$$\text{воды} - 7 \text{ т}, \text{ льда} - 9 \text{ т} \Rightarrow \delta = \frac{8 \text{ т} - 7 \text{ т}}{8 \text{ т}} = 0,125 = \frac{1}{8}.$$

УТБ: остался и лёд, и вода $\Rightarrow$ температура смеси 0°C .

$$c_1 \cdot 8 \text{ т} \cdot \overset{(0^\circ\text{C} - t_2)}{t_2 - 0^\circ\text{C}} = c_2 \cdot 8 \text{ т} \cdot (t_1 - 0^\circ\text{C}) + \lambda \text{ т}$$

$$-8c_1 t_2 = 8c_2 t_1 + \lambda$$

$$-t_2 = \frac{8c_2 t_1 + \lambda}{8c_1} = -40^\circ\text{C}$$

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

$$\text{ОТВЕТ: } \delta = \frac{1}{8}; t_2 = -40^\circ\text{C}$$



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
__ ИЗ __

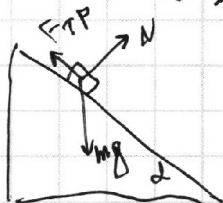
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$m_1 = 9 \text{ m} \quad m_2 = 8 \text{ m} \quad \frac{m}{8 \text{ m}} = \delta = 0,125 \quad \frac{336}{21} = \frac{112}{7} = 16$$

$$m_1 = 9 \text{ m} \quad m_2 = 8 \text{ m}$$

$$c_1 m_1 t_2 = c_2 m_2 t_1 + \delta m_1$$

$$t_2 = \frac{8 c_2 t_1 + \delta}{8 c_1} = \frac{8 \cdot 4200 \cdot 10 + 336000}{8 \cdot 2100} = 40^\circ \text{C}$$

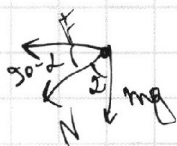


$$F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha \mu$$

$$a_1 = \frac{0,8}{0,1} = 8 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$a_2 = \frac{0,8}{0,2} = 4 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$F_1 = a_1 m = 1,6 \text{ H} \quad F_2 = 0,8 \text{ H}$$



$$N = mg \cos \alpha$$

$$F = mg \cos \alpha \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = 2mg\mu$$

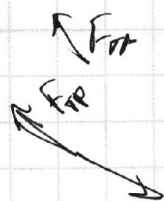
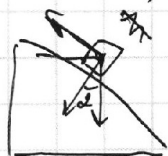
$$mg \sin \alpha \cos \alpha + mg \cos^2 \alpha \mu$$

$$mg \cos^2 \alpha \mu$$

$$mg(\sin \alpha \cos \alpha + \cos^2 \alpha \mu)$$

$$mg \sin \alpha = F_2$$

$$0,2 \cdot 10 \sin \alpha = F_2 \quad \sin \alpha = 0,4$$



$$mg \sin \alpha + mg \cos \alpha \mu = 1,6 \text{ H}$$

$$mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu = 0,8$$

$$2mg \sin \alpha = 2,4 \text{ H}$$

$$\sin \alpha = \frac{2,4}{2 \cdot 0,2 \cdot 10} = \frac{2,4}{40} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$1,6 \cdot 0,8 = 1,28 \text{ H}$$

$$\cos \alpha = 0,8$$

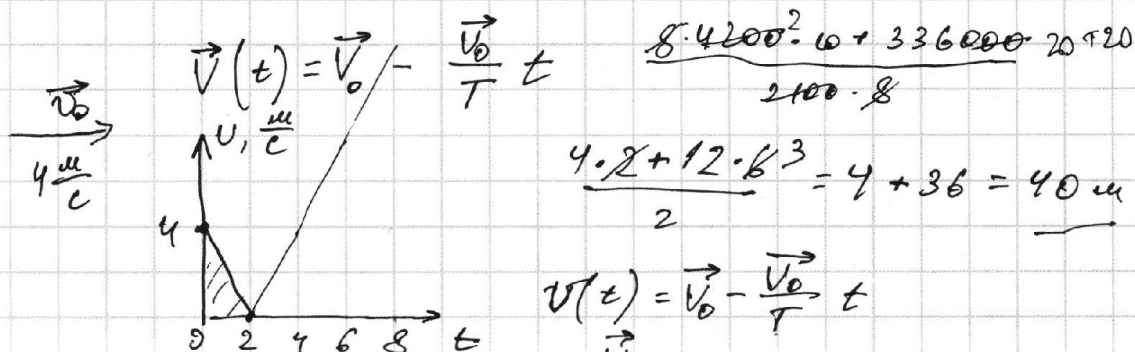


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

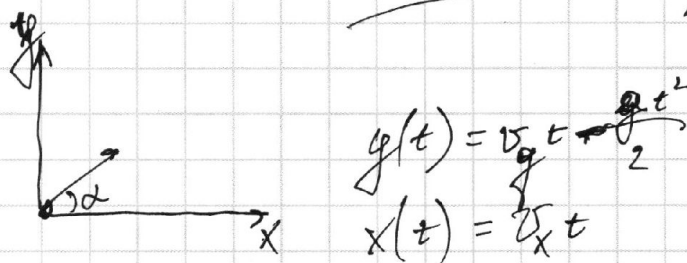
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



$$4 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ Н} = 1,6 \text{ Дж}$$

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

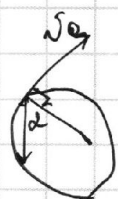


$$v_y \cdot 4 - \frac{g \cdot 8}{2} = 0$$

$$4 v_y = 8 g$$

$$v_y = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_y \cdot 2 - \frac{g \cdot 4}{2} = 40 - 20 = 20 \text{ м}$$



$$g \cos \alpha = \frac{v_0^2}{R}$$

$$= \frac{320}{3} \text{ м}$$

$$1,5 R = 150 \text{ Дж}$$

$$I = \frac{U}{150} = 0,2 \text{ А}$$

$$\frac{U^2}{R} = \frac{20}{150} = 6 \text{ Вт}$$

$$v_0 \cos \alpha - \text{мин.}$$

$$v_0 - \text{MAX}$$

$$\frac{v_0}{v_0 \cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha} = 2$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\frac{20\sqrt{3}}{3} \cdot 4 = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

$$R = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} = \frac{1600}{3} = \frac{1600}{3}$$

$$I \cdot R = 0,2 \cdot 150 = 30 \text{ В}$$

