

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



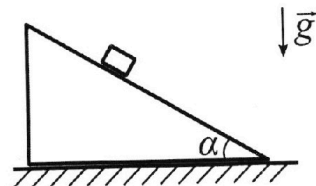
1. Шайба массой $m=0,2$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$, здесь $\vec{v}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $v_0 = 4$ м/с, постоянная $T = 2$ с.

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 $t=T$.

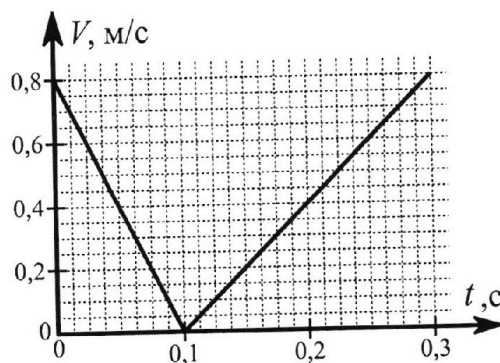
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{v_{MAX}}{v_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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





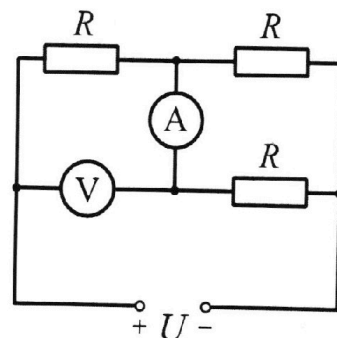
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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**.

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!

№1.

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

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

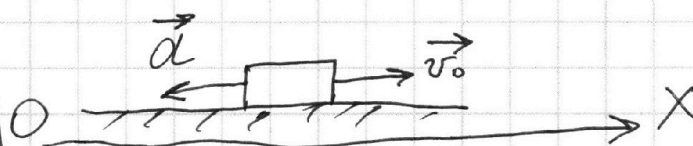
$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$T = 2 \text{ с}$$

$S = ?$

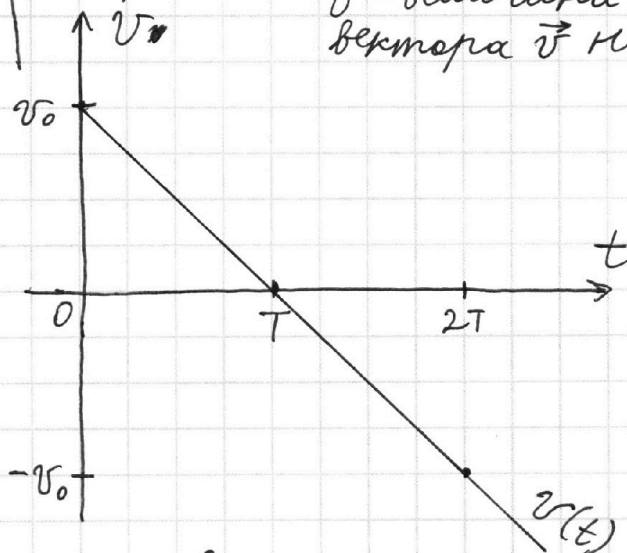
$F = ?$

$A = ?$



Будем считать движение (вдоль OX) маятника **прямолинейным**; рассматриваем её ск-ть в проекции на OX;

v - величина проекции вектора $\vec{v}$ на ось OX.



Маятник остановится через $T = 2 \text{ с}$ и поедет в обратную сторону (видно из графика $v(t)$)

Тогда $S = S_1 + S_2$, где S_1 - путь до остановки;
 S_2 - путь после остановки (в обратном направлении)



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!

$$S_1 = \frac{v_0 T}{2}; \quad S_1 = \frac{4 \cdot 2}{2} = 4(\text{м})$$

$$S_2 = |v(4T)| \cdot (4T - T) \cdot \frac{1}{2};$$

$$v(4T) = v_0 \left(1 - \frac{4T}{T}\right) = -3v_0;$$

$$|v(4T)| = |-3v_0| = 3v_0$$

$$S_2 = \frac{3v_0 \cdot 3T}{2} = \frac{9}{2} \cdot 4 \cdot 2 = 36(\text{м})$$

$$S = S_1 + S_2 = 4 + 36 = 40(\text{м}) - \text{путь, пройденный шайбой от } t=0 \text{ с до } t=4T$$

$$\boxed{S = 40 \text{ м}}$$

Движение шайбы равнозамедленное (равноускоренное с $a < 0$); т.к. при равноускоренном движ-ии $v(t)$ представляет собой линейную ф-ю:

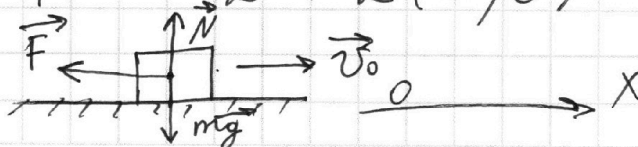
$$v(t) = v_0 + at;$$

По условию в нашей задаче:

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

~~Подставив~~ Сопоставив с общей формулой, найдем, что $a = -\frac{v_0}{T}$ - ускорение шайбы

$$a = -\frac{v_0}{T} = -\frac{4}{2} = -2(\text{м/с}^2)$$





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!

По II 3-му Ньютону (в проекции на Ox):

$$F = m \cdot a;$$

$$F = 0,2 \text{ кг} \cdot (-2) \text{ м/с}^2 = -0,4 \text{ Н} \text{ (направлена влево)}$$

$$|\vec{F}| = 0,4 \text{ Н}$$

$F = 0,4 \text{ Н}$ — модуль силы $\vec{F}$

$F = \text{const.}$ — сила постоянна. Тогда

ее работа A на промежутке от $t=0$ до $t=T$:

$$A = F \cdot s_1 \cdot \cos(\vec{F} \wedge \vec{s}_1)$$

↑ угол между перемещением $\vec{s}_1$ и силой $\vec{F}$

$\vec{F} \wedge \vec{s}_1 = 180^\circ$ (тело от $t=0$ до $t=T$ движ. вдоль Ox в положительн. направлении,

а сила направлена в отриц. направ.),

$$\cos(\vec{F} \wedge \vec{s}_1) = \cos(180^\circ) = -1$$

$$A = -F \cdot s_1; \quad A = -0,4 \text{ Н} \cdot 4 \text{ м} = -1,6 \text{ Дж}$$

$$A = -1,6 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $s = 40 \text{ м}$

2) $F = 0,4 \text{ Н}$

3) $A = -1,6 \text{ Дж}$



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!

N 2.

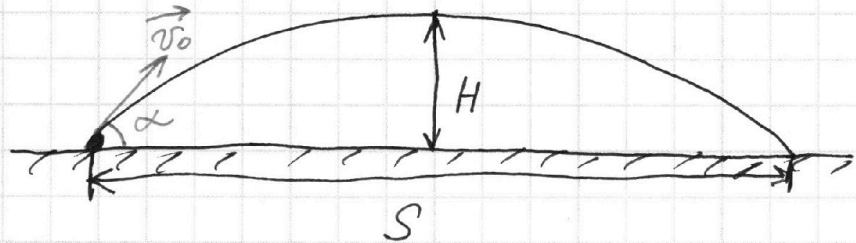
$$T = 4C$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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

$$H - ? \quad S - ?$$

$$R - ?$$

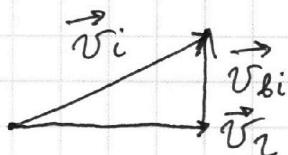


Горизонтальная компонента скорости мяча в течение всего движения постоянна $v_x = \text{const.}$ (т. к. силы сопротивления воздуха нет ($F_c \rightarrow 0$))

В i -тый момент времени t_i скорость можно разложить на вертикальную компоненту $\vec{v}_{vi}$ и горизонтальную $\vec{v}_{xi}$.

$$v_{xi} = v_x = \text{const.}$$

$$v_{vi} = v_{v0} - g t_i, \text{ где } v_{v0} - \text{нач. вертик. компонента.}$$



$$\vec{v}_i = \vec{v}_{vi} + \vec{v}_{xi}$$

$$v_i^2 = v_{vi}^2 + v_x^2 - \text{в любой } i\text{-тый момент времени}$$



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!

Очевидно, что за всё время полёта T скорость мяча v минимальна, когда $v_{vi}^2 = 0$ — в наивысшей точке траектории

А максимальной v становится в начале и в конце движения (в $t=0$ и $t=T$), т.к. именно в эти симметричные моменты v_{vi}^2 максимальна.

Тогда:

$$\begin{cases} v_{\min} = v_2 \\ v_{\max} = \sqrt{v_2^2 + v_{b0}^2} \end{cases}; n = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = 2$$

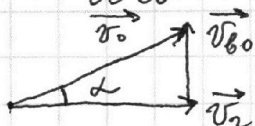
$$n^2 = \frac{v_{\max}^2}{v_{\min}^2} = 4;$$

$$\frac{v_2^2 + v_{b0}^2}{v_2^2} = n^2 = 4;$$

$$1 + \left(\frac{v_{b0}}{v_2}\right)^2 = 4;$$

$$\frac{v_{b0}}{v_2} = \sqrt{4-1} = \sqrt{3}$$

В нач. момент времени:



$\frac{v_{b0}}{v_2} = \tan \alpha$ — из векторного треугольника



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!

α - угол, под которым мяч ударим (к горизонту)
 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{B0}}{v_z} = \sqrt{3}$;

$$\alpha = \operatorname{arctg}(\sqrt{3}) = 60^\circ$$

$$\boxed{\alpha = 60^\circ}$$

$h(t) = v_{B0}t - \frac{gt^2}{2}$ - высота мяча от времени

$$H = v_{B0} \frac{T}{2} - \frac{g}{2} \left(\frac{T}{2} \right)^2;$$

$t = \frac{T}{2}$ на максимальной высоте H ,

т.к. траектория - парабола, симметрична отн. вершины.

$v_{B0} = g \frac{T}{2}$ (скорость в вершине обнуляется)
↑ вертикальная

$$H = \frac{g}{2} \left(\frac{T}{2} \right)^2 = \frac{gT^2}{8}; H = \frac{10 \cdot 4^2}{8} = \frac{10 \cdot 16}{8} = 20 \text{ (м)}$$

$$\boxed{H = 20 \text{ м}}$$

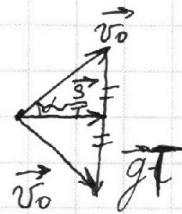
$$S = v_z T = \frac{v_{B0}}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot T = \frac{gT^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

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

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$\boxed{S = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}}$$
$$S \approx 47,1 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 800 \\ 68 \overline{) 17} \\ \underline{120} \\ 119 \\ \underline{100} \\ 19 \\ \underline{150} \dots \end{array}$$



$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\frac{S}{T}}{\frac{gT}{2}}$$
$$S = \operatorname{ctg} \alpha \cdot \frac{gT^2}{2}$$
$$S = \frac{gT^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$



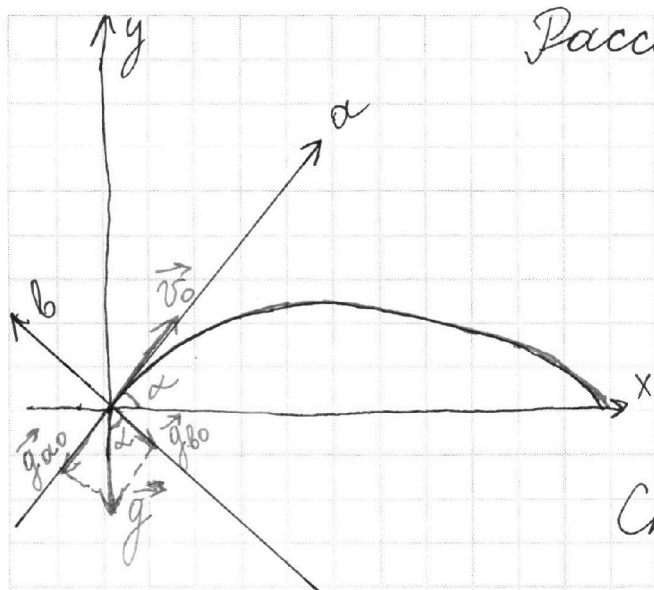
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



Рассмотрим $t=0$ - момент времени
введем оси OA и OB
в нач. момент времени.

$$\begin{cases} \vec{v}_0 \parallel OA \\ OA \perp OB \end{cases}$$

Спроецируем $\vec{g}$ на
оси OA и OB :

$$\begin{cases} g_{a0} = g \sin \alpha \\ g_{b0} = g \cos \alpha \end{cases}$$

В нач. момент времени тело движ.
по окружности радиуса R (радиус
кривизны в нач. момент времени)
и центростремительным уско-
рением $a_{n0} = g_{b0} = g \cos \alpha$. Всё это
движ-е происходит в нач. врем. $dt \rightarrow 0$
(все параметры мгновенны);
 $a_{n0} = \frac{v_0^2}{R}$; $g \cos \alpha = \frac{v_0^2}{R}$; $R = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha}$



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
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!

$$v_0 = \frac{v_{00}}{\sin \alpha}; \quad v_{00} = \frac{gT}{2}$$

$$R = \frac{v_{00}^2}{g} \cdot \frac{1}{\cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha}$$

$$R = \frac{gT^2}{4g} \cdot \frac{1}{\cos \alpha \cdot \sin^2 \alpha};$$

$$\cos \alpha = \cos(60^\circ) = \frac{1}{2}$$

$$\sin^2 \alpha = \sin^2(60^\circ) = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4}$$

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

$$R = \frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 4^2 = \frac{320}{3} \text{ (м)}$$

$$R \approx 106,67 \text{ м}$$

Ответ: 1) $H = 20 \text{ м}$

$$2) S = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м} \approx 47,1 \text{ м}$$

$$3) R = \frac{320}{3} \text{ м} \approx 106,67 \text{ м}$$



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 6

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!

N3.

$m, 2m$

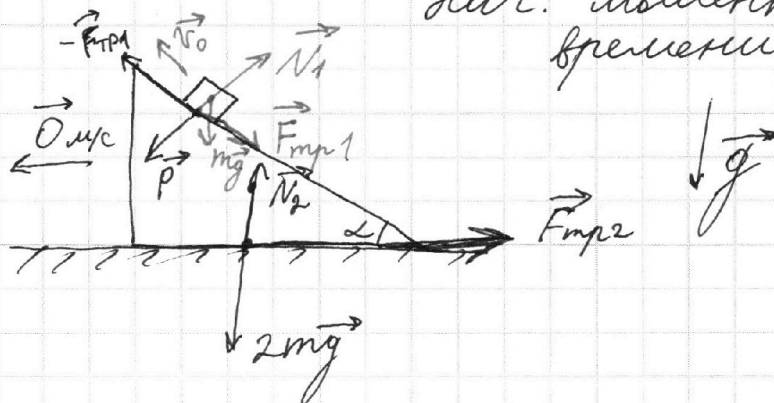
$m = 0,2 \text{ кг}$

$v(t)$

$\sin \alpha = ?$

$(F_{\text{тр}})_{\text{max}} = ?$

$\mu = ?$



Нач. момент времени:

■ - силы на клин

■ - силы на шайбу

Изначально шайба движется вверх по клину, затем останавливается и под действием силы тяжести начинает двигаться вниз по клину.

* Если бы шайба изначально двигалась вниз по клину, то она бы остановилась и не поменяла бы направление движения, что противоречит графику $v(t)$ в условии.



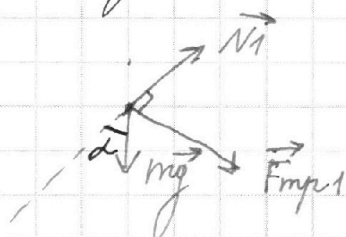
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 6

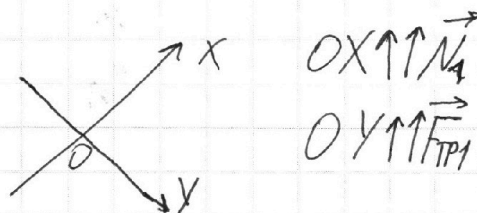
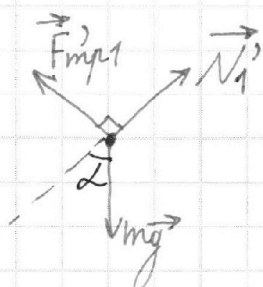
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Для участка $t \in [0; 0,1] \text{ с}$:



— силы на шайбу

Для участка $t \in [0,1; 0,3] \text{ с}$:



$Ox \uparrow \vec{N}_1$
 $Oy \uparrow \vec{F}_{тр1}$

По II з-ну Ньютона: (в проекциях на Ox и Oy):

$$\begin{cases} \textcircled{1} & \begin{cases} F_{тр1} + mg \sin \alpha = m \cdot a_1 \\ mg \cos \alpha = N_1 \\ mg \sin \alpha - F'_{тр1} = m a_2 \end{cases} \\ \textcircled{2} & \begin{cases} mg \cos \alpha = N'_1 \end{cases} \end{cases}$$

$F_{тр i} = \mu N_i$ — шайба скользит

$$\begin{cases} N_1 = N'_1 = mg \cos \alpha \\ F_{тр1} = \mu N_1 \\ F'_{тр1} = \mu N'_1 \end{cases} \Rightarrow F'_{тр1} = F_{тр1} = \mu N_1 = mg \cos \alpha \cdot \mu$$



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 6

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!

Силы трения и реакции опоры (нормальной) после остановки сохраняют своё значение (по модулю).

$$\begin{cases} \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = m a_1 \\ \cancel{\mu mg \sin \alpha} - \mu mg \cos \alpha = m a_2 \end{cases}$$

$$2g \sin \alpha = a_1 + a_2; \quad \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g};$$
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ — не определено;}$$

из графика видно:

$$\begin{cases} a_1 = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_1 = \frac{0,8 \text{ м/с}}{0,1 \text{ с}} = 8 \text{ м/с}^2 \\ a_2 = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_2 = \frac{0,8 \text{ м/с}}{(0,3 - 0,1) \text{ с}} = 4 \text{ м/с}^2 \end{cases}$$

~~Хотя~~ Хотя и $\vec{a}_1 \uparrow \downarrow \vec{a}_2$, мы рассматриваем их модули, поэтому знак проекции не учитываем.

$$\sin \alpha = \frac{8 + 4}{2 \cdot 10} = 0,6$$

$$\boxed{\sin \alpha = 0,6}$$

Силы, действующие на клин:

Для ~~те~~ $t \in [0; 0,1] \text{ с}$:



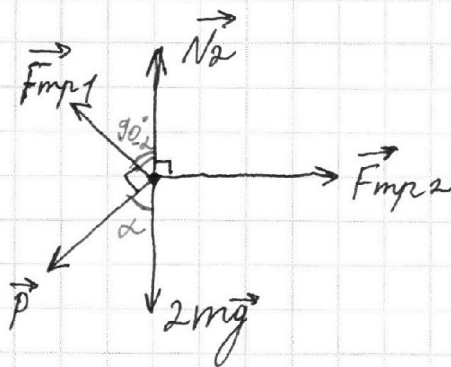
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

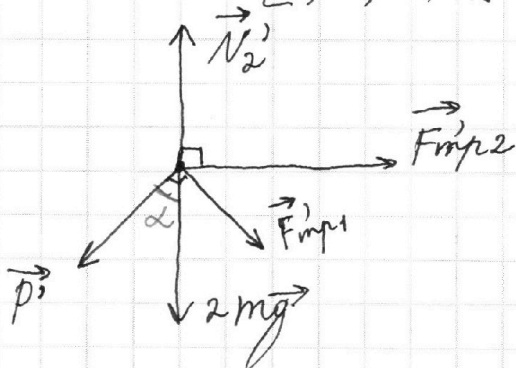
4 из 6

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!



$\begin{cases} P = N_1 \\ F_{mp1} \end{cases}$ - силы со стороны шайбы (равные по III закону Ньютона силы, действ. на шайбу)

Для $t \in [0, 1; 0, 3] \text{ c}$:



$\begin{cases} P' = N_1' = N = P \\ F_{mp1}' = F_{mp1} \end{cases}$ (получено ранее)

II закон Ньютона (в проекциях на ос Ox и Oy):

$$\begin{aligned} ① & \begin{cases} 2mg + P \cos \alpha = N_2 + F_{mp1} \cos(90^\circ - \alpha) \\ -F_{mp2} + F_{mp1} \sin(90^\circ - \alpha) + P \sin \alpha = 2m \cdot A_1 \end{cases} \\ ② & \begin{cases} 2mg + P \cos \alpha = N_2' + F_{mp1}' \cos(90^\circ - \alpha) \\ -F_{mp2}' - F_{mp1}' \sin(90^\circ - \alpha) + P \sin \alpha = 2m \cdot A_2 \end{cases} \end{aligned}$$

A_1 и A_2 - ускорения клина до и после остановки шайбы.

$$P = N_1 = mg \cos \alpha; F_{mp1} = \mu mg \cos \alpha$$



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

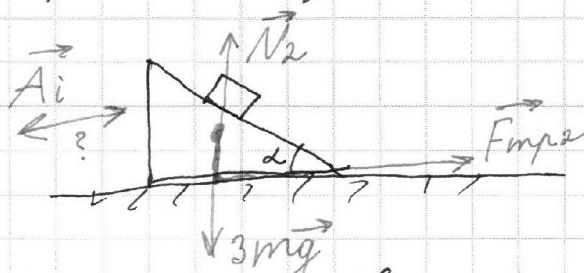
5 из 6

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!

$$2mg + mg \cos^2 \alpha = N_2 + \underbrace{F_{\text{тр}1}}_{\mu mg \cos \alpha} \sin \alpha$$

$$2mg + mg \cos^2 \alpha = \mu mg \sin \alpha \cos \alpha + N_2$$

Рассмотрим шайбу и груз как одну систему! Тогда внутренние силы (трение и реакции опоры не учитываем).



По II з-ну Ньютона (в проекциях):

$$3mg = N_2 = \text{const.} \Rightarrow N_2 = N_2' = 3mg$$

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{тр}2} &= 3m A_1 && \text{до остановки} \\ F_{\text{тр}2}' &= 3m A_2 && \text{после остановки} \end{aligned} \right\} \text{шайба}$$

$$2mg + mg \cos^2 \alpha = 3mg + \mu mg \cos \alpha \sin \alpha$$

$$- F_{\text{тр}2} + \mu mg \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha \cos \alpha = 2 \cdot \frac{F_{\text{тр}2}}{3}$$

$$2mg + mg \cos^2 \alpha = 3mg - \mu mg \cos \alpha \sin \alpha$$



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
6 из 6

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!

Шайба движ. по покоящемуся клину!

$$F_{\text{тр}2} \leq \mu_k N_2$$

Клин покоится:

$$(F_{\text{тр}})_{\text{max}} = P \sin \alpha + F_{\text{тр}1} \cos \alpha \quad \text{— максимум достигается в этом случае}$$

$$(F_{\text{тр}})_{\text{max}} = mg \cos \alpha \sin \alpha + \mu mg \cos^2 \alpha$$

$$(F_{\text{тр}})_{\text{max}} = mg \cos \alpha (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

μ — коэф. тр. между шайбой и клином

$$\mu = (g \sin \alpha - a_2) \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$\begin{cases} \sin \alpha = 0,6 \\ \cos \alpha = 0,8 \end{cases}$$

$$\mu = (10 \cdot 0,6 - 4) \cdot \frac{1}{0,8} = \frac{2}{0,8} = \frac{20}{8} = 2,5$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,6$



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!

№4.
 $R = 100 \text{ } \Omega$

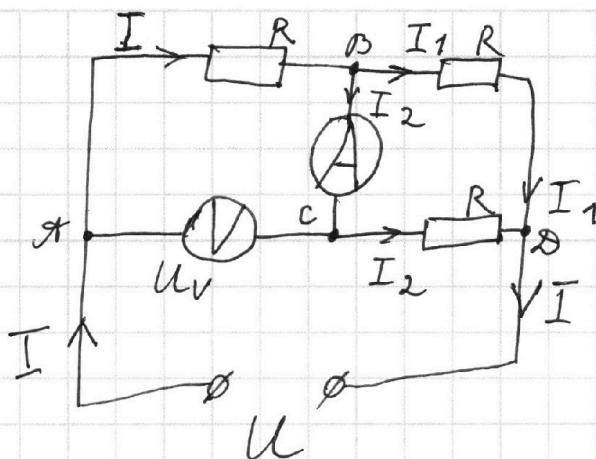
$$U = 30 \text{ В}$$

$$R_A \ll R$$

$$R_V \gg R$$

$$I - ? \quad U_V - ?$$

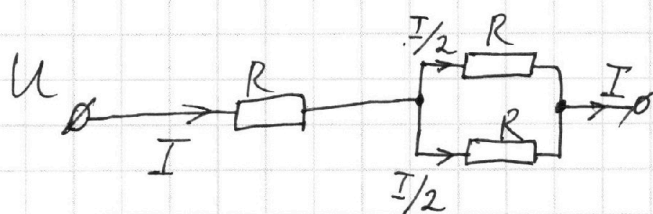
$$P - ?$$



По условию амперметр и вольтметр идеальны ($R_V \gg R$, $R_A \ll R$). Значит,

ток на вольтметре $I_V \rightarrow 0$; напряжение на амперметре $U_A \rightarrow 0$;

Перестроим схему в эквивалентную, убрав приборы с учетом их идеальности (вольтметр — разрыв цепи, амперметр — соедин. в один узел).



$$\text{Тогда } R_0 = R + \frac{R}{2};$$
$$R_0 = \frac{3}{2}R - \text{эквива-}$$

лентное сопротивление цепи.

$$U = R_0 \cdot I - \text{по 3-му закону}$$



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!

$$\bar{I} = \frac{U}{R_0} = \frac{U}{\frac{3}{2}R} = \frac{2U}{3R};$$

$$I = \frac{2}{3} \cdot \frac{30\text{В}}{100\Omega} = 0,2\text{ А}$$

$$\boxed{I = 0,2\text{ А}}$$

По II правилу Кирхгофа для контура ABCA:

$$RI + U_A - U_V = 0$$

$$RI = U_V \Rightarrow U_V = 100\Omega \cdot 0,2\text{ А} = 20\text{В (показания вольтметра)}$$

$$\boxed{U_V = 20\text{В}}$$

* По резистору R в контуре ABCA теч.

именно ток I, т.к. по I правилу

Кирхгофа (для узла A): $I_R = I - I_V$;
 $I_R = I$ - ток на резисторе.

Мощность, рассеивающуюся в цепи, рассчитаем из з-на Джоуля - Ленца для всей цепи:

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

Ответ: 1) $I = 0,2\text{ А}$

2) $U_V = 20\text{В}$

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
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!

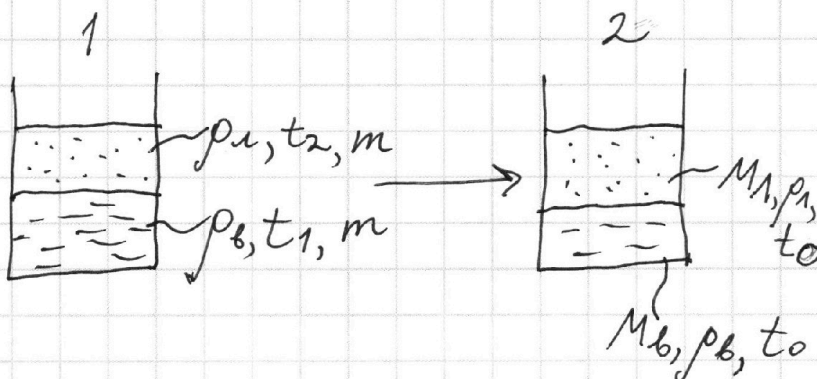
№5.
 $t_0 = 0^\circ\text{C}$
 $t_1 = +10^\circ\text{C}$

$m_a = m_b = m$

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

$\delta - ?$

$t_2 - ?$



Изначально в калориметре равные массы воды и льда $m_b = m_l = m$;

Начинается теплообмен между водой и льдом, в ходе которого лёд нагревается ^{до t_0} , а вода остывает до t_0 и начинает замерзать (замерзает вода, а не тает лёд именно потому, что $M_a > M_b$; M_l и M_b — массы льда и воды после установления теплового равновесия).

По з-ну сохр. массы в начале и в конце:

$m_l + m_b = M_l + M_b$; $m_l = m_b = m$; $\frac{9}{7}$
 $m + m = M_b + n \cdot M_b$; $M_l = n \cdot M_b = \frac{9}{7} M_b$



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!

$$2m = (n+1)M_b ; M_b = \frac{2}{n+1} \cdot m - \text{осталось воды в конце.}$$

Тогда в лёд превратилось: $m - M_b$;

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

$$\delta = \frac{n-1}{n+1} = \frac{\frac{9}{7} - 1}{\frac{9}{7} + 1} = \frac{2/7}{16/7} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} = 0,125$$

$$\boxed{\delta = \frac{1}{8}}$$

Уравнение теплового баланса:

$$c_u m_u (t_0 - t_2) = c_b m_b (t_1 - t_0) + \lambda \cdot \delta m_b$$

$$m_u = m_b = m$$

и

$$c_u (t_0 - t_2) = c_b (t_1 - t_0) + \delta \cdot \lambda$$

$$t_2 = t_0 - \frac{c_b (t_1 - t_0) + \delta \cdot \lambda}{c_u}$$

~~$$t_2 = 0 - \frac{4,2 \cdot 10^3 (10 - 0) + \frac{1}{8} \cdot 3,36 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^3}$$~~

$$t_2 = 0 - \frac{42 + \frac{336}{800} \cdot 10^2}{2,1} = 0 - \frac{42 + 42}{2,1} = 0 - \frac{84}{2,1} = -40(^{\circ}\text{C})$$

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

Ответ: 1) $\delta = \frac{1}{8}$

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