



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 $t = T$.

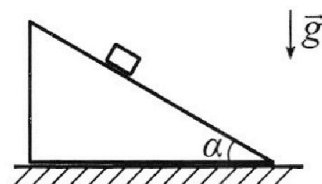
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

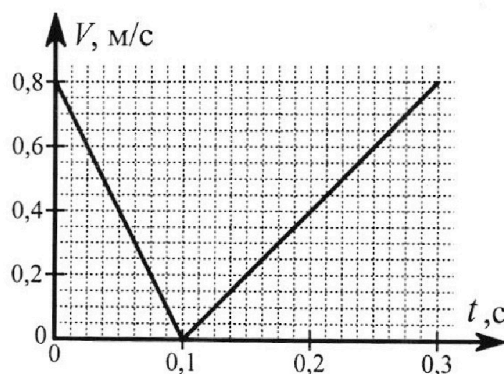
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до 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 клин по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





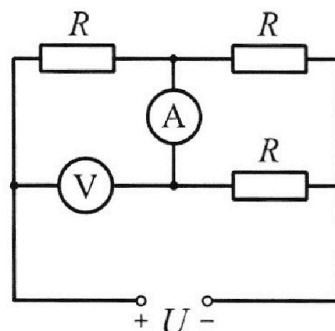
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 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!

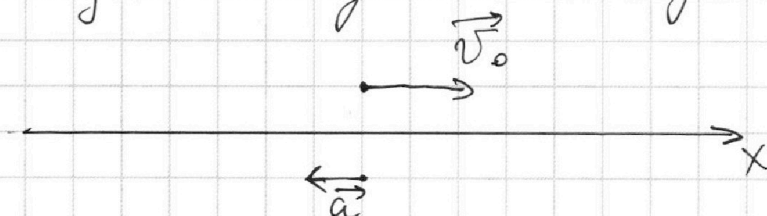
$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 - \frac{\vec{v}_0}{T} \cdot t$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t, \quad \text{а - ускорение}$$

значит $\vec{a} = -\frac{\vec{v}_0}{T}$

Пусть тело движется вдоль оси x



$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t, \quad v_x - \text{проекция скорости на ось } x$$

a_x - проекция ускорения на ось x

v_{0x} - проекция начальной скорости на ось x .

$$S = S_1 + S_2, \quad S_1 - \text{пути до остановки}$$

S_2 - путь после остановки

$$S = \left(v_{0x}t_1 - \frac{v_{0x}}{2T} \cdot t_1^2\right) + \frac{v_{0x}}{2T} \cdot t_2^2, \quad t_1 - \text{время}$$

до ~~остановки~~ остановки, t_2 - время после остановки



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!

$$at_1 \approx v_0$$

$$t_1 \approx \frac{v_0}{a} \approx \frac{v_0}{\frac{v_0}{T}} \approx T$$

$$t_2 \approx 4T - T \approx 3T$$

$$S \approx v_0 T - \frac{v_0}{2T} \cdot T^2 + \frac{v_0}{2T} \cdot 9T^2 \approx$$

$$\approx 5v_0 T \approx 5 \cdot 4 \cdot 2 \approx 40 \text{ м}$$

$$\text{По 2-3. Н.: } m\vec{a} \approx \vec{F} \quad (m\vec{g} + \vec{N} \approx \vec{0})$$

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

$$A \approx -F \cdot S, \approx -F \cdot \left(v_0 T - \frac{v_0}{2T} \cdot T^2 \right) \approx$$

$$\approx -m \frac{v_0}{T} \cdot \frac{v_0 T}{2} \approx -\frac{mv_0^2}{2} \quad \text{Работа отри-}$$

цательная, т.к. сила направлена

против перемещения.

$$A \approx -\frac{mv_0^2}{2} \approx \frac{0,2 \cdot 4^2}{2} \approx -1,6 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } S \approx 5v_0 T \approx 40 \text{ м}; F \approx m \frac{v_0}{T} \approx 0,4 \text{ Н};$$

$$A \approx -\frac{mv_0^2}{2} \approx -1,6 \text{ Дж}$$

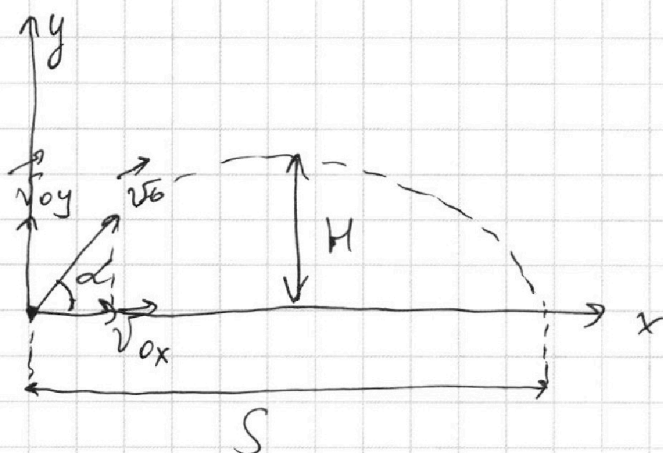


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



$\vec{v}_0$ - начальная скорость

$\vec{v}_{0y}$ и $\vec{v}_{0x}$ - вертикальная и горизонтальная составляющие начальной скорости

Т.к. вдоль оси x нет ускорения, то $\vec{v}_x \equiv \vec{v}_{0x}$, $\vec{v}_x$ - горизонтальная составляющая скорости, $\vec{v}_y$ - вертикальная составляющая скорости.

$$y(t) = v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2, \quad y\text{-координата мяча}$$
$$\vec{v}_y(t) = \vec{v}_{0y} - \vec{g}t$$

Т.к. ускорение постоянно, то верхняя точка траектории ($\vec{v}_y = 0$) находится на середине горизонтального пути, и мяч ее достигает на



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
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!

середине кривой полета.

$$\frac{T}{2} = \frac{v_{0y}}{g}$$

$$v_{0y} = \frac{gT}{2}$$

t_b - время верхней точки

$$t_b = \frac{T}{2}$$

$$H = \frac{gt_b^2}{2} = \frac{gT^2}{8} = \frac{10 \cdot 4^2}{8} = 20 \text{ м}$$

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

$$v_{\min} = v_{0x}, \text{ т.к.}$$

минимальная скорость

достигается в верхней точке,

погда вертикальная составляющая

отсутствует. $v_{\max} = v_{0y}$, потому

что горизонтальная составляющая

максимальна. По Т. Пифагора:

$$\frac{v_0}{v_{0x}} = n \Rightarrow \frac{1}{n} = \cos \alpha$$

По Т. Пифагора: $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$



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!

~~$$V_{0y}^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{gT^2}{4} \cos^2 \alpha$$

$$V_{0x} = \frac{V_0}{n}$$~~

$$V_0 = \frac{V_{0y}}{\sin \alpha} = \frac{V_{0y}}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{gT}{2\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}}$$

$$V_{0x} = \frac{V_0}{n} = \frac{gT}{2n\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}}$$

$$S = V_{0x} T = \frac{gT^2}{2n\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}} = \frac{10 \cdot 4^2}{2 \cdot 2\sqrt{1 - \frac{1}{2^2}}}$$

$$= \frac{160}{2\sqrt{3}} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

$$a_{no} = \frac{V_0^2}{R}$$

a_{no} — нормальное ускорение в начале, проекция на перпендикуляр

$$\frac{g}{n} = \frac{V_0^2}{R}$$

$$R = \frac{V_0^2 \cdot n}{g}$$

для κ скорости $\Rightarrow a_{no} = g \cdot \cos \alpha$

$$= \frac{g^2 T^2 \cdot n}{4 \cdot (1 - \frac{1}{n^2}) \cdot g} = \frac{g T^2 \cdot n}{4 \cdot (1 - \frac{1}{n^2})} = \frac{10 \cdot 4^2 \cdot 2}{4 \cdot (1 - \frac{1}{2^2})} = \frac{320}{3}$$

$$= 106 \frac{2}{3} \text{ м}$$

Ответ: $H = \frac{gT^2}{8} = 20 \text{ м}$; $S = \frac{gT^2}{2n\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}} = \frac{80\sqrt{3}}{3} \text{ м}$;

$$R = \frac{g T^2 \cdot n}{4 \cdot (1 - \frac{1}{n^2})} = 106 \frac{2}{3} \text{ м}.$$

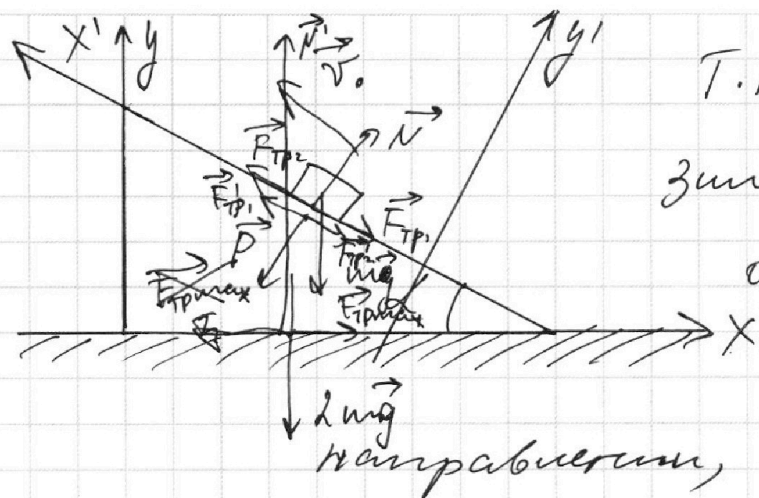


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Т.к. наждак в сколь-
зиста ставится в
огонь, а попереч
вдоль
направлением, то значит

начальная ее скорость была
направлена вверх вдоль поверхности
плоскости. a_1 и a_2 — ускорения до и
после остановки соответственно.

По 2 з.Н. (в проекции на ось x'):

$$① m a_1 = m g \sin \alpha + F_{\text{тр}} \quad ② m a_2 = m g \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

в проекции на ось y' : $N = m g \cos \alpha$

~~не~~ Если мы имеем уравнение

$$(1 \text{ и } 2), \text{ то получим } m(a_1 + a_2) = m g \sin \alpha \cdot 2$$

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{8 + 4}{2 \cdot 10} = 0,6$$

$$\text{из графика: } a_1 = \frac{0,8}{0,1} = 8 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = \frac{0,8}{0,2} = 4 \text{ м/с}^2$$



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

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!

N - сила реакции опоры со стороны мины, $\vec{F}_{тр1}$ и $\vec{F}_{тр2}$ - силы трения до и после остановки соот. соответственно.

$$\left. \begin{array}{l} F_{тр1} \approx \mu N \\ F_{тр2} \approx \mu N \end{array} \right\} \Rightarrow F_{тр1} \approx F_{тр2} \approx F_{тр}'$$

$\vec{v}_0$ - начальная скорость мины

$\vec{P}$ - вес мины, $\vec{F}_{тр1}'$ и $\vec{F}_{тр2}'$ -

силы трения со стороны мины на клин з. По 3 з. Н.: $F_{тр1}' \approx F_{тр2}' \approx F_{тр}'$

$F_{тр1}' \approx F_{тр2}' \approx F_{тр}'$. $F_{тр}$ - максимальная сила трения со стороны поверхности и клину. N' - сила реакции опоры на клин со стороны поверхности. Максимальная сила трения

$F_{тр}$ достигается, когда реакция сил со стороны мины на ось x направлена в одну сторону. По 2 з. Н.:

$$x: P \cos \alpha + F_{тр}' \cos \alpha \approx F_{тр}$$



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!

$$P = N = mg \cos \alpha$$

из y -оси 1: $F_{\text{тр}} = ma, - mg \sin \alpha$
 $F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha + ma, - mg \sin \alpha$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - (\sin \alpha)^2} = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$F_{\text{тр}} = 0,2 \cdot 10 \cdot 0,8 - 0,2 \cdot 10 \cdot 0,6 +$$

$$+ m \cdot 0,2 \cdot 8 = 2 \text{ Н} \quad 1,6 \text{ Н} \quad 0,96 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N$$

По 2-3 ос. y : $N = 2mg + P \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha$

$$\mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{F_{\text{тр}}}{2mg + P \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha} = \frac{0,96}{2 \cdot 0,2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 \cdot 0,8 - (0,2 \cdot 8 - 0,2 \cdot 10 \cdot 0,6) \cdot 0,6}$$

$$= \frac{96}{504} = \frac{4}{21}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,6$; $F_{\text{тр}} = 0,96 \text{ Н}$; $\mu \geq \frac{4}{21}$



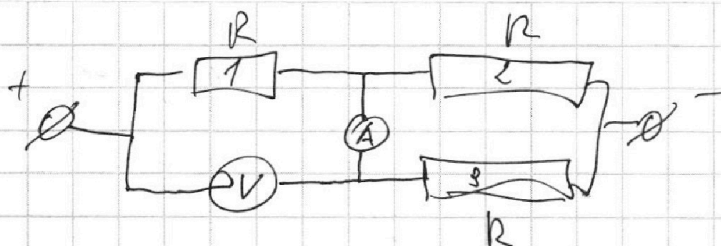
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



$R_{\text{экв}}$ - эквивалентное сопротивление
схемы

$$R_{\text{экв}} = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2} R$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{30}{\frac{3}{2}} = \frac{30 \cdot 2}{3} = \frac{60}{3} = 20$$

$$0,2 \text{ A}$$

Вольтметр измеряет напряжение
на резисторе 1, т.к. сопротивление
амперметра мало. $U_B = IR = 0,2 \cdot 100 =$
 $= 20 \text{ V}$

$$P = UI = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ Вт}$$

Ответ: $I = 0,2 \text{ A}$; $U_B = 20 \text{ V}$; $P = 6 \text{ Вт}$



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 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!

m - начальная масса воды
 m_b - конечная масса воды
 m_n - конечная масса льда
 Δm_b - масса воды, которая превратилась в лед.

Уравнение теплового баланса:

$$m c_b \cdot \cancel{t_0 - t_1} \cdot \lambda + \Delta m_b + m c_n (t_0 - t_2) \approx 0$$

$$t_2 = \frac{m c_n \cdot t_0 - \lambda \Delta m_b + m c_n (t_0 - t_1)}{m c_n}$$

$$\frac{m_n}{m_b} = n \Rightarrow m_n = n m_b$$

$$m_b + m_n = 2m; \quad m_b = \frac{2m}{n+1}$$

$$\Delta m_b = m - m_b = m - \frac{2m}{n+1}$$

$$\delta = \frac{\Delta m_b}{m} = 1 - \frac{2}{n+1} = 1 - \frac{2}{\frac{9}{8}+1} = \frac{1}{8}$$

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

$$= \frac{-3,36 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{8} - 10 \cdot 4200}{2100} = -40^\circ \text{C}$$

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!

~~Сб~~ ~~Сб~~ ~~Сб~~ ~~Сб~~ ~~Сб~~ ~~Сб~~ ~~Сб~~

Сб

$$\frac{m_a}{m_b} \approx \frac{1}{n}$$

$$m_a \approx n m_b$$

$$m_a + m_b \approx d n$$

$$m_b \approx \frac{d n}{n+1}$$

$$m_a \approx \frac{d n}{n+1}$$

$$\Delta m_b \approx m - \frac{d n}{n+1}$$

$$\delta \approx \frac{\Delta m_b}{m} \approx 1 - \frac{d}{n+1} \approx 1 - \frac{2}{\frac{16}{7}} \approx \frac{1}{8}$$

~~$\Delta m_b \cdot C_b \cdot t_1$~~

$$m C_b t_1 - m C_a t_2 + 2 \Delta m_b \approx 0$$

$$m C_b t_1 - m C_a t_2 + 2 \left(m - \frac{d n}{n+1} \right) \approx 0$$

$$t_2 \approx \frac{m C_b t_1 + 2 \left(m - \frac{d n}{n+1} \right)}{m C_a}$$

$$\begin{array}{r} 3360 \\ 21 \overline{) 26} \\ 21 \\ \hline 50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ 80 \\ 63 \\ \hline 170 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 168 \\ 20 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3360 \overline{) 168} \\ 336 \\ \hline 0 \end{array}$$



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!

9,96

$$a = \frac{v_0}{T}$$

$$S = v_0 \cdot T - \frac{v_0^2}{2T} \cdot T^2$$

$$2.948 \cdot 99\% \cdot \frac{v_0}{T} = F$$

1,6

$$v_0 = 0$$

$$S = S_1 + S_2 = v_0 \cdot T - \frac{v_0^2}{2T} \cdot T^2 + \frac{v_0}{2T} \cdot T^2 = 4v_0 T - \frac{v_0 T}{2}$$

$$1,28 \quad T = \frac{v_0}{v_0} \cdot T = T$$

$$-0,24 S_1 = v_0 \cdot T - \frac{v_0^2}{T} \cdot \frac{T^2}{2} + 9,96 \cdot 3,5 v_0 T = 8 v_0 T \approx 8 \cdot 4 \cdot 2 = 64$$

$$5,04 = 3,5 v_0 T$$

$$A = F S_1 = m \frac{v_0^2}{T} \cdot 3,5 v_0 T = m v_0^2 \cdot 3,5$$

$$9612 \cdot \frac{1}{24} \cdot v_{xy} = \frac{g}{2} T$$

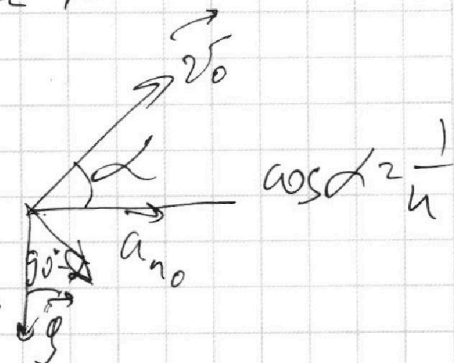
$$v_{\max} = \sqrt{v_{xy}^2 + v_{ox}^2}$$

$$n = \frac{\sqrt{v_{xy}^2 + v_{ox}^2}}{v_{ox}}$$

$$v_{\min} = v_{ox} \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}$$

$$30415 \cdot \frac{1}{126} \cos \alpha = n$$

$$a_{no} = \frac{g}{h}$$



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

$$\frac{63}{21} = \frac{2}{h} \frac{v_0^2}{h} = \frac{g}{h}$$

$$\frac{24}{126} = \frac{12}{63} = \frac{4}{h}$$

$$R = \frac{v_0 n}{R \sin \alpha}$$