

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



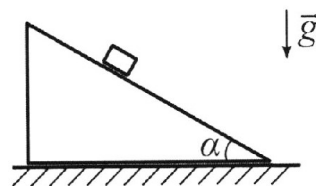
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

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 $t=T$.

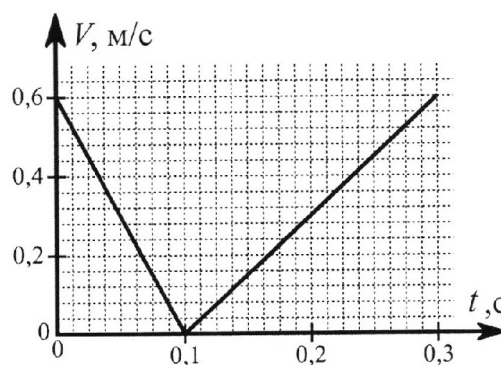
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

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?





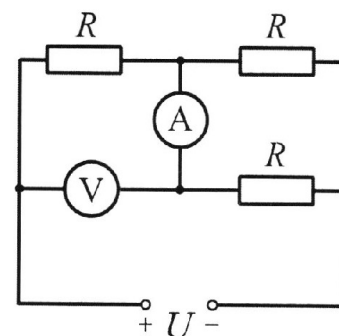
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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!

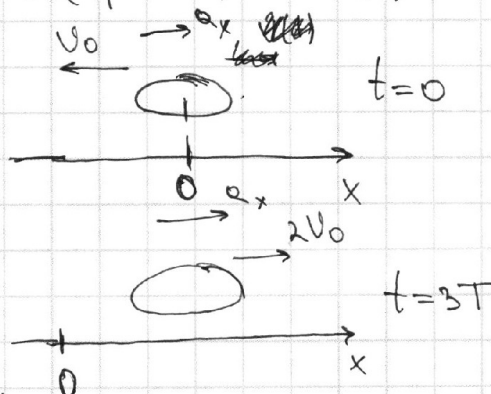
Дано: $m = 0,4 \text{ кг}$; $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$; $V_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $T = 4 \text{ с}$

1. S - ? ($t = 0 \rightarrow t = 3T$)

2. F - ?

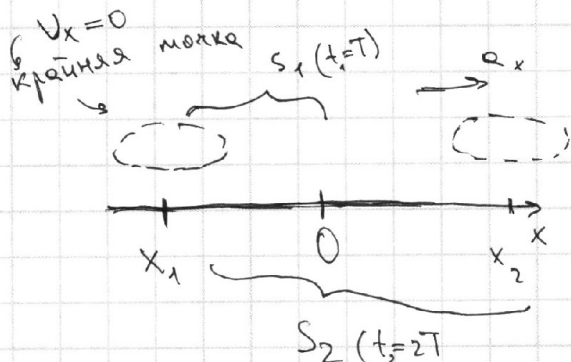
3. A ($t = 0 \rightarrow t = T$)

① $\vec{V}(0) = -\vec{V}_0$
 $\vec{V}(3T) = 2\vec{V}_0$



$$V_x = -V_0 + a_x t$$

$$2V_0 = -V_0 + a_x 3T \Rightarrow a_x = \frac{3V_0}{3T} = \frac{V_0}{T} = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{4 \text{ с}} = \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



$$S = |S_1| + |S_2|$$

крайняя точка: $V_x = 0$

$$V_0 = a_x t_1$$

$$t_1 = \frac{V_0}{a_x} = T = 4 \text{ с}$$

$$t_2 = 3T - t_1 = 2T = 8 \text{ с}$$

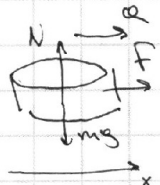
$$S_1 = -V_0 t_1 + \frac{a_x t_1^2}{2} = -V_0 T + \frac{a_x T^2}{2}$$

$$S_1 = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 4 \text{ с} + \frac{\frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 16 \text{ с}^2}{2} = -8 \text{ м} + 4 \text{ м} = -4 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{a_x t_2^2}{2} = \frac{\frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 64 \text{ с}^2}{2} = 16 \text{ м}$$

$$S = |S_1| + |S_2| = 4 \text{ м} + 16 \text{ м} = 20 \text{ м}$$

②



2 закон Ньютона

$$23 \text{ Н}: m \vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{N} + m \vec{g} + \vec{F}$$

$$(x): m a_x = F \Rightarrow F = 0,4 \text{ кг} \cdot \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,2 \text{ Н}$$

③ от 0 до T
пройденное расст. - $|S|$
 $A = F \cdot S_1 = 0,2 \text{ Н} \cdot 4 \text{ м}$
 $A = 0,8 \text{ Дж}$

Ответ: 1: $S = 20 \text{ м}$; 2: $F = 0,2 \text{ Н}$; 3: $A = 0,8 \text{ Дж}$



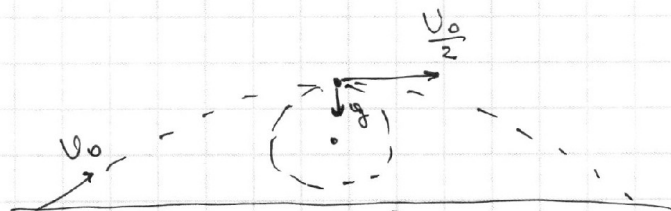
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

$$\frac{|\vec{r}(T)|}{T} = \frac{gT}{2} \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} \Rightarrow |\vec{r}(T)| = \frac{gT^2}{2} \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м}$$



$$R_{kp} = \frac{v^2}{a_n} \Rightarrow R_{kp} = \frac{\frac{v_0^2}{4}}{g} = \frac{g^2 T^2}{g}$$

$$R_{kp} = \frac{gT^2}{3} = \frac{40}{3} \text{ м}$$

Т.к. $\frac{v_0}{2} \perp gT$, (из треугольника скоростей)
то $\frac{v_0}{2} \parallel$ поверхности земли

↓
скорость на вершине параболы

↓
 $a_n = g$, где a_n — центрострем. ускорение

Ответ: 1: $H = 20 \text{ м}$; 2: $|\vec{r}(T)| = 20 \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м}$; 3: $R_{kp} = \frac{40}{3} \text{ м}$

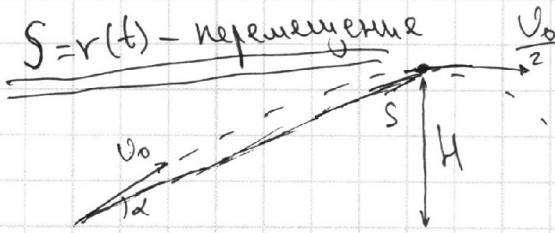


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

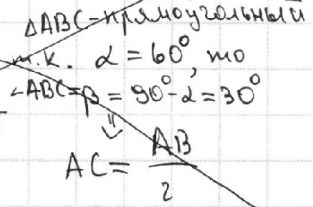
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



Построим треугольник скоростей:



V_0 - начальная скорость

Построим треугольник скоростей:

$$AB = V_0; BE = gT; AE = \frac{V_0}{2}$$

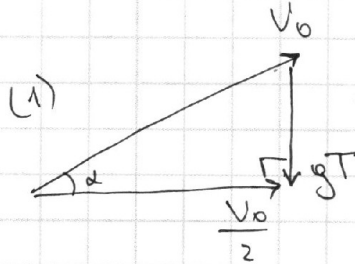
$$AC = \cos \alpha \cdot AB$$

$$AC = \cos 60^\circ \cdot AB = \frac{1}{2} V_0$$

$$\text{Тогда } AE = AC = \frac{1}{2} V_0$$

$$\Delta AEC - \text{пр} \text{ и } \angle ACE = \angle AEC = 90^\circ$$

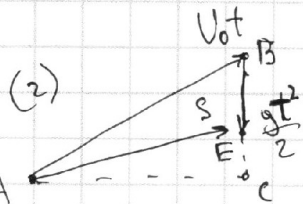
Значит AE совпадает с AC



По теор. Пифагора: $V_0^2 = \frac{V_0^2}{4} + g^2 T^2$

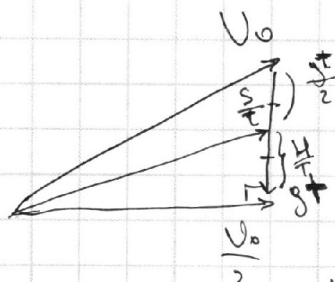
$$V_0^2 = \frac{g^2 T^2}{\frac{3}{4}} = \frac{4g^2 T^2}{3}$$

Построим треугольник перемещений:



$$\text{Здесь: } AE = S \\ CE = H$$

Совместим треугольники (1) и (2):



$$\rightarrow \text{Отсюда: } \frac{H}{T} = \frac{gT}{2} \Rightarrow H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}^2}{2}$$

$$H = 20 \text{ м}$$

$$\text{Тогда: } \frac{|\vec{r}(t)|}{T} = \frac{|\vec{S}|}{T} = \sqrt{\frac{V_0^2}{4} + \frac{H^2}{T^2}} \quad (\text{по теор. Пифагора})$$

$$\frac{|\vec{r}(T)|}{T} = \sqrt{\frac{g^2 T^2}{3} + \frac{g^2 T^2}{4}} = gT \sqrt{\frac{7}{12}} = \frac{gT}{2} \cdot \sqrt{\frac{7}{3}}$$

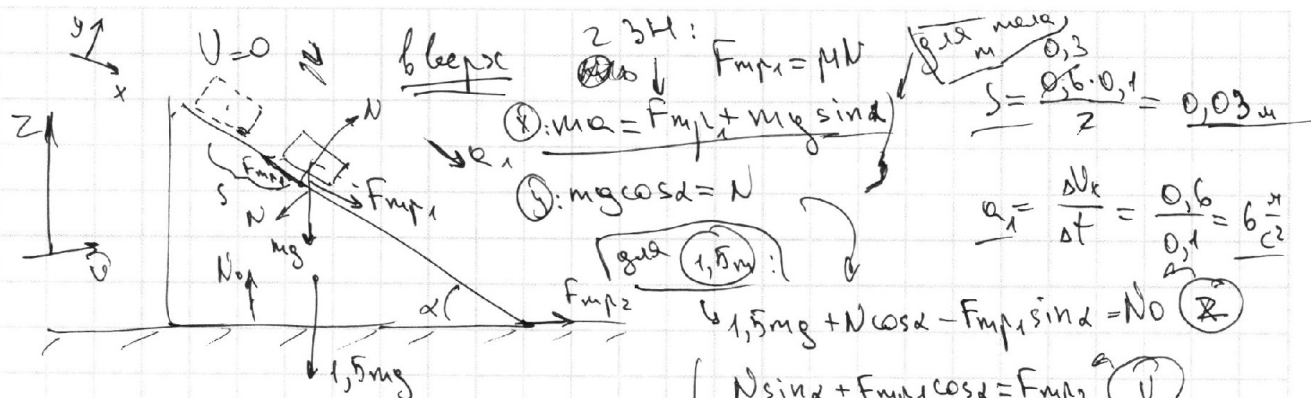


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

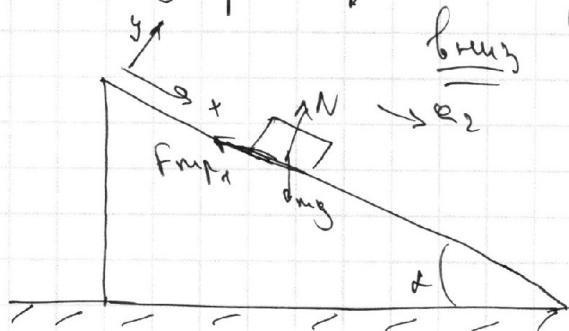
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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!



$$N_0 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$N_0 = mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$



$$\mu = \frac{a_2 - g \sin \alpha}{-g \cos \alpha} = \frac{a_2 + g \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$N_0 = 1,5mg + mg \cos^2 \alpha - \mu mg \cos \alpha \sin \alpha$$

$$N_0 = 1,5mg + mg \cdot \frac{319}{400} - m \cdot \left(\frac{81}{400} \sin^2 \alpha - a_2 \right) =$$

$$= m \left(1,5g + \frac{319}{400}g - \frac{81}{400}g + a_2 \right) = 1,078H$$

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,6}{0,2} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2 3H:

$$①: ma_2 = -F_{mp1} + mg \sin \alpha$$

$$②: N = mg \cos \alpha$$

$$\begin{cases} ma_2 = \mu mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \\ ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \end{cases} +$$

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

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{9}{20}$$

$$\text{OTT: } \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{81}{400}} = \frac{\sqrt{319}}{20}$$

Ответ: 1. $\sin \alpha = \frac{9}{20}$; 2. $N_0 = 1,078H$

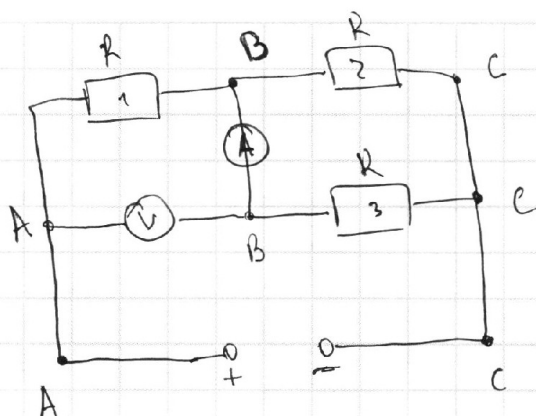


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

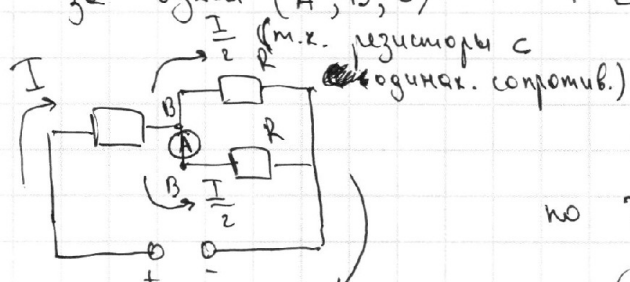
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

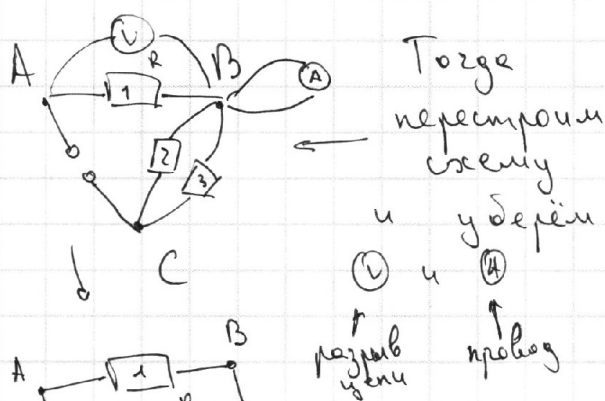
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Обозначим резисторы цифрами как показано на рисунке (1, 2, 3), и ~~имеет~~ одинаковых и ~~имеет~~ потенциалов за буквы (A, B, C)



Амперметр будет показывать ток $\frac{I}{2} = 0,2 \text{ A}$



$$R_{\text{экв}23} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{2}$$

$$R_{\text{экв}} = R + R_{\text{экв}23} = \frac{3}{2} R = 300 \text{ Ом}$$

$$\text{по закону Ома: } I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{120 \text{ В}}{300 \text{ Ом}} = \frac{2}{5} \text{ A}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow I = 0,4 \text{ A}$$

$$\textcircled{3} \text{ По закону Джоуля-Ленца: } P = UI = 120 \text{ В} \cdot 0,4 \text{ A} = 48 \text{ Вт}$$

Ответ: 1: $I = 0,4 \text{ A}$; 2: $\frac{I}{2} = 0,2 \text{ A}$; 3: $P = 48 \text{ Вт}$



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**.

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!

$$m_b = m_a = m$$

$$n = \frac{11}{9} = \frac{m_b + m_b \delta}{m_a - m_a \delta} = \frac{m + m \delta}{m - m \delta} \Rightarrow \begin{cases} m + m \delta = 11x \\ m - m \delta = 9x \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{--- (x -- какая-то} \\ \text{масса b x 2)} \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} 2m\delta &= 2x \rightarrow m - x = 9x \\ \delta &= \frac{x}{m} \quad \leftarrow m = 10x \\ \delta &= \frac{x}{10x} = \frac{1}{10} \end{aligned}$$

~~В~~ в калориметре расплавилось только $\delta = \frac{1}{10}$ часть массы льда, ~~то~~ значит, температура не могла подняться выше температуры плавления льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$, то есть установившаяся температура в калориметре $t_{\text{уст}} = 0^\circ\text{C}$.

$$Q_b = Q_a$$

$$\text{УТБ: } c_b m (t_1 - t_{\text{уст}}) = c_a m (t_{\text{уст}} - t_2) + \lambda_a m \delta$$

$$c_b m t_1 = c_a m (t_{\text{уст}} - t_2) + \lambda_a m \delta + c_b m t_{\text{уст}}$$

$$\underline{t_1} = \frac{c_a m (t_{\text{уст}} - t_2) + c_b m t_{\text{уст}} + \lambda_a m \delta}{c_b m} = \frac{c_a (t_{\text{уст}} - t_2) + c_b t_{\text{уст}} + \lambda_a \delta}{c_b}$$

$$= \frac{2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C} + 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0^\circ\text{C} + 3,36 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{10}}{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^4 + 3,36 \cdot 10^4}{4,2 \cdot 10^3} ^\circ\text{C} = \frac{42 + 33,6}{4,2} ^\circ\text{C} = \frac{75,6}{4,2} ^\circ\text{C} = \underline{18^\circ\text{C}}$$

Ответ: 1: $\delta = \frac{1}{10}$; 2: $t_1 = 18^\circ\text{C}$





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
☐

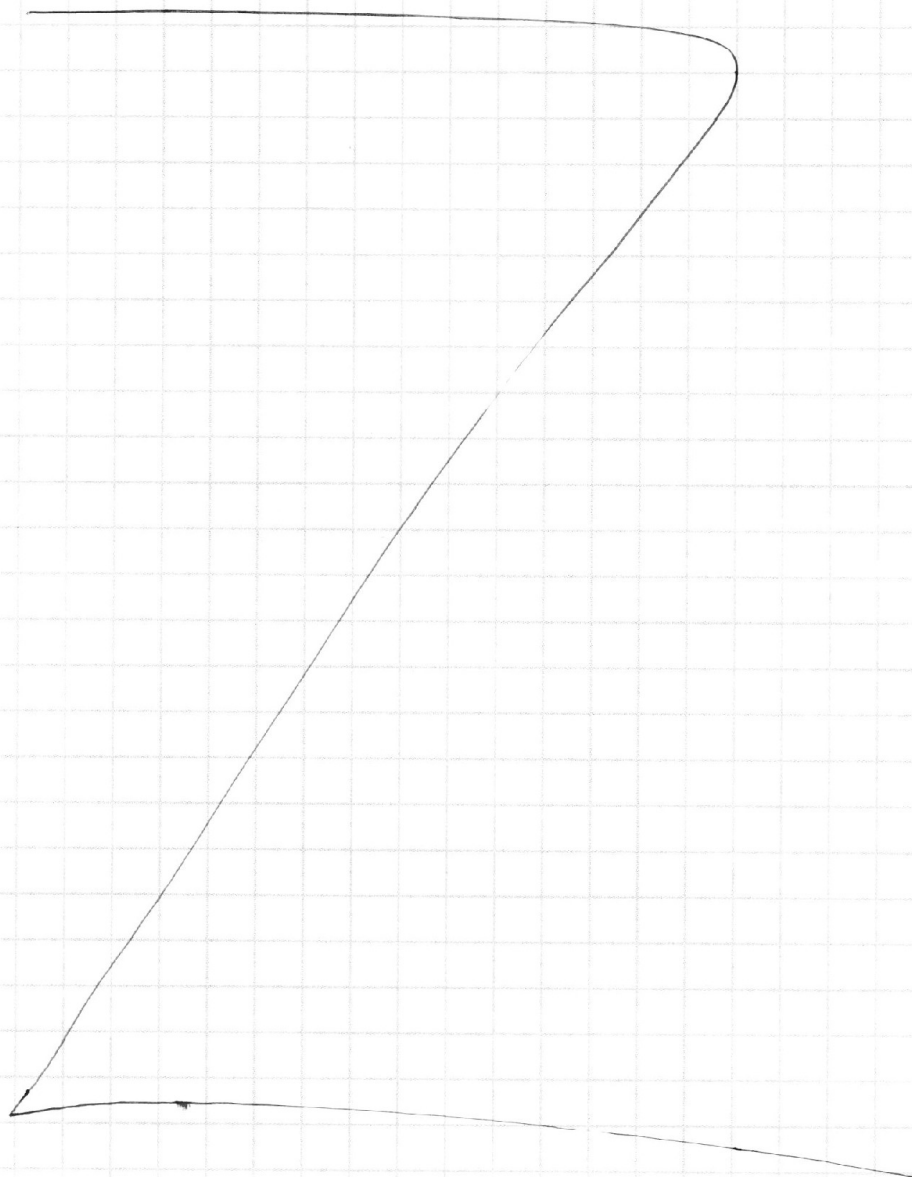
5
☐

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!





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
☐

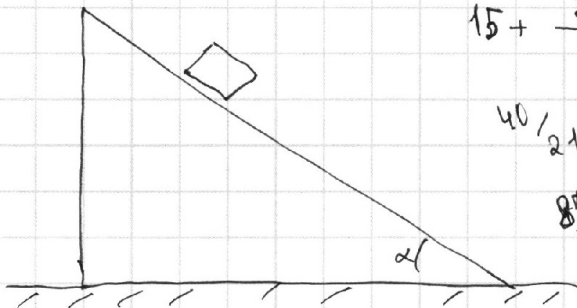
6
☐

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!

ЧЕРНОВИК



$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 178 \\ \hline 8800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 200 : 4 = 50 \\ 34 \\ \times 1078 \\ \hline 50 \\ \hline 53300 \end{array}$$

$$15 + \frac{238}{40} + 6$$

$$40 / 21 + \frac{238}{40}$$

$$\frac{840 + 238}{40} = \frac{1078}{40}$$

$$\begin{array}{r} 319 \\ - 81 \\ \hline 238 \end{array}$$

$$0,4 \cdot \frac{539}{20} = \frac{539}{50}$$

$$\begin{array}{r} 539 \overline{) 50} \\ \underline{350} \\ 189 \\ \underline{178} \\ 11 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,78 \\ \times 50 \\ \hline 00 \\ \hline 89 \end{array}$$

~~$a_1 = \mu g \cos \alpha$~~

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

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{20}{20} = 1$$



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!

