

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



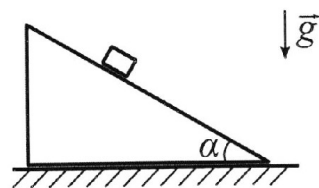
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{v}(t)=\vec{v}_0\left(\frac{t}{T}-1\right)$, здесь $\vec{v}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $v_0=2$ м/с, постоянная $T=4$ с.

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 $t=T$.

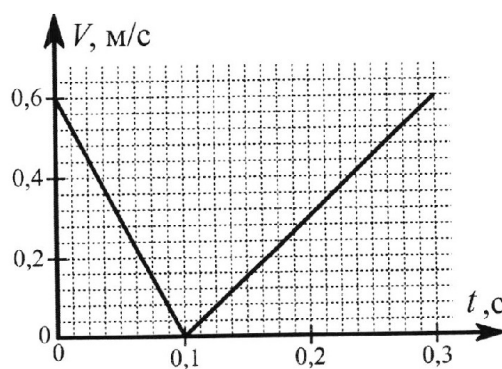
2. Камень брошен под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту. За первые $T=2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

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?





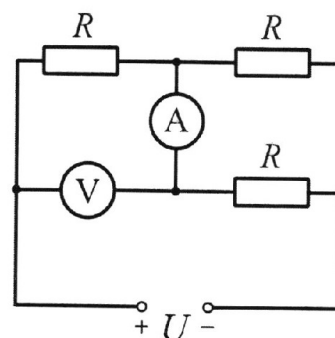
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.



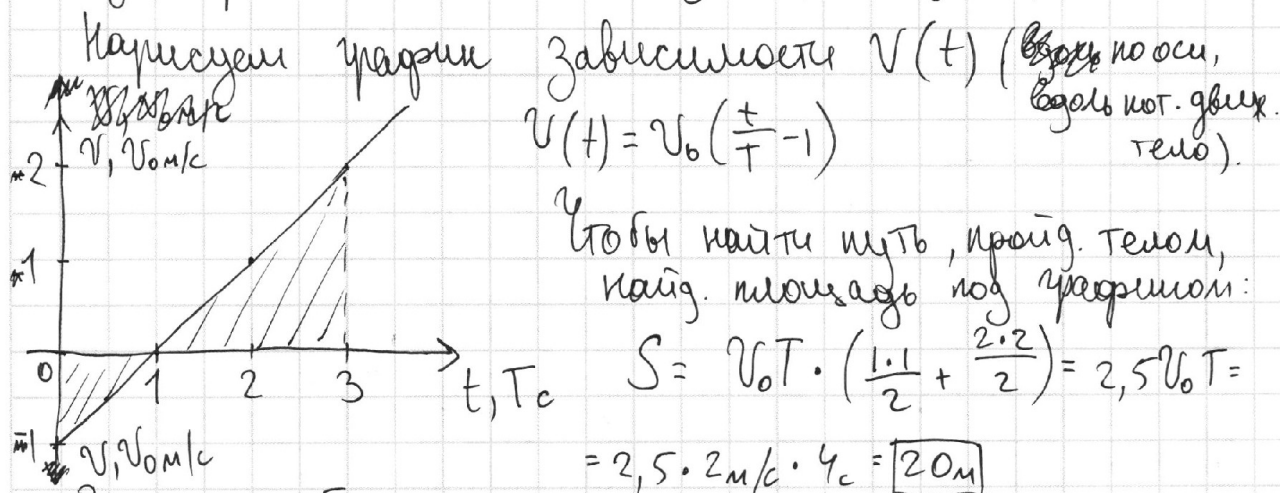
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Вектор начальной скорости умножается на число, значит ~~его направление не меняется~~ $\Rightarrow$ майба движ. вдоль прямой. $\uparrow$ всегда направ. ~~вдоль~~ ^{вдоль} прямой $\parallel \vec{v}_0$



Запишем 2-й и 3-й.

Ньютона для майбы:

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

a — скорость изм. скорости $\Rightarrow$ это угол наклона графика $\Rightarrow$

$$\Rightarrow a = \frac{2 - (-1)}{3 - 0} \cdot \frac{v_0}{T} = \frac{v_0}{T}$$

$$F = \frac{m v_0}{T} = \frac{0,4 \text{ м} \cdot 2 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = \boxed{0,2 \text{ Н}}$$

$$A = FS = F \cdot \frac{1 \cdot 1}{2} v_0 T = \frac{F v_0 T}{2} = \frac{m v_0 \cdot v_0 T}{T} = \frac{m v_0^2}{2} = \frac{0,4 \text{ м} \cdot 2^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2} =$$

$$= \boxed{0,8 \text{ Дж}}$$

Ответ: $S = 20 \text{ м}$; $F = \frac{1}{5} \text{ Н}$; $A = \frac{4}{5} \text{ Дж}$.

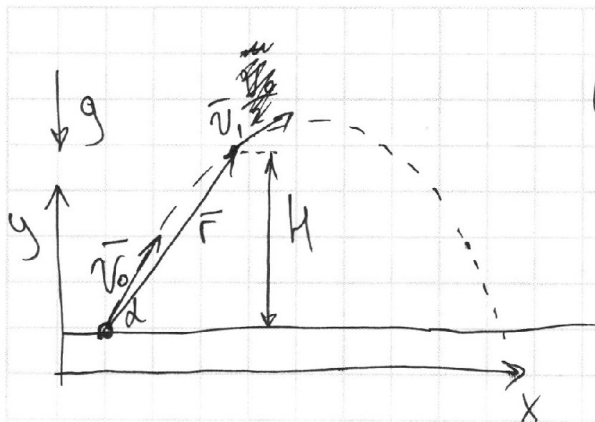


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$|\vec{v}_1| = \left| \frac{\vec{v}_0}{2} \right|$$

v_0 - кат. скорость
 v_1 - скорость через $T=2c$.

Заменим ЗСЭ для камня:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} + mgh$$

$$H = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$v_x(t) = v_0 \cos \alpha; v_y(t) = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$|\vec{v}_1| = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha - 2v_0 \sin \alpha gT + g^2 T^2} = \frac{v_0}{2}$$

По оси y камень движ. равн. ускор. $\Rightarrow$:

$$h(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h(T) = v_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2} = H = \frac{3v_0^2}{8g}$$

Реш. уравнение:

$$\frac{3v_0^2}{8g} - v_0 \sin \alpha T + \frac{gT^2}{2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \sin^2 \alpha T^2 - 4 \cdot \frac{3}{8g} \cdot \frac{gT^2}{2} = T^2 \left(\sin^2 \alpha - \frac{3}{4} \right)$$

$$v_0 = \frac{\sin \alpha T \pm T \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{3}{4}}}{\frac{3}{4g}} = 2c \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \pm \sqrt{\frac{3}{4} - \frac{3}{4}} \right) \cdot \frac{4 \cdot 10 \text{ м/с}^2}{3g}$$

$$= \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ м/с}$$

$$H = \frac{3}{8 \cdot 10 \text{ м/с}^2} \cdot \frac{1600 \cdot 3}{8} \text{ м}^2/\text{с}^2 = \boxed{20 \text{ м}}$$

$$|\vec{v}_1(T)| = \sqrt{H^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha T^2} = \sqrt{400 \text{ м}^2 + \frac{1600}{3} \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 4 \text{ с}} = \sqrt{\frac{2800}{3}} \text{ м/с}$$

$$\Rightarrow 20\sqrt{\frac{7}{3}} = \frac{20\sqrt{21}}{3} \text{ м} \quad \text{расстояние, кот. промёт камень по оси x. (т.е. движ. по ней равномерное)}$$



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
☐

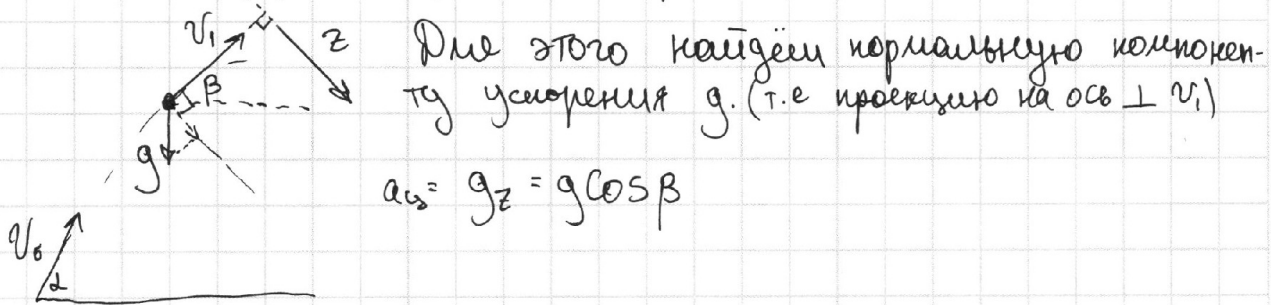
6
☐

7
☐

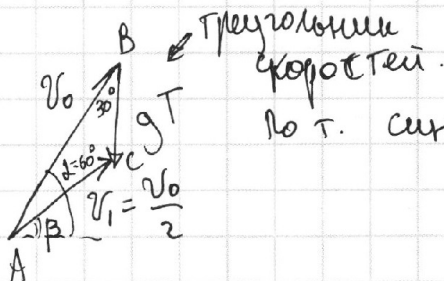
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

Найдем радиус кривизны траектории через $T=2c$:



$$a_n = g_z = g \cos \beta$$



По т. син. для ΔABC :

$$\frac{v_0}{2 \sin 30^\circ} = \frac{gT}{\sin(60^\circ - \beta)}$$
$$\sin(60^\circ - \beta) = \frac{gT}{v_0} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 2c}{\frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ м/с}} = \frac{\sqrt{3}}{2}, 0 < 60^\circ - \beta < 180^\circ$$

$$60^\circ - \beta \in \{60^\circ; 120^\circ\}$$

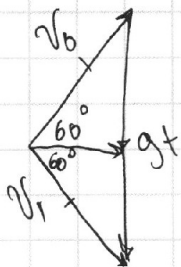
Но если $60^\circ - \beta = 120^\circ \Rightarrow v_1 = v_0$, но

это не так $\Rightarrow 60^\circ - \beta = 60^\circ \Rightarrow \beta = 0^\circ$

$$a_n = g_z = g$$

$$a_n = \frac{v_1^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v_1^2}{a_n} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$= \frac{v_0^2}{4g} = \frac{1600 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{40}{3} \text{ м}$$



Ответ: $H=20 \text{ м}$; $|\vec{T}(\vec{T})| = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м}$; $R = \frac{40}{3} \text{ м}$.



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.

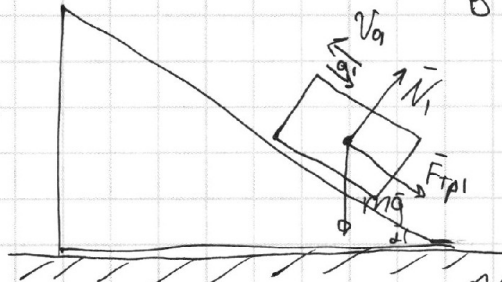
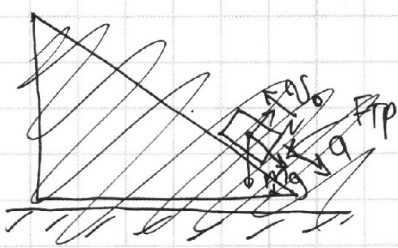
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Шайба скаталась вверх, потом останавливается и снова идет $\Rightarrow$ изначально шайбу толкнули вверх.

1) Участок движения до $t = 0,1$ с.:



В проекции на ось $\perp$ накл. поверхности или на брусок не движ (ускор. = 0)

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

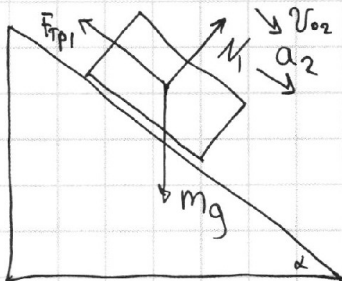
Запишем 2-й закон Ньютона для шайбы в проекц. на ось $\parallel$ накл. поверх. клина:

$$ma_1 = F_{тр1} + mg \sin \alpha$$

a_1 находим из условия:

$$a_1 = \frac{0,6 \text{ м/с}}{0,1 \text{ с}} = 6 \text{ м/с}^2$$

2) Участок после остановки (шайба $0,1$ с идет вниз):



Сила трения не изм., т.к. не изм. сила реакции N (т.к. не изм. проекция mg на ось $\perp$ накл. пов. клина) и коэфф. трения скольж. между шайбой и клином.

$$ma_2 = mg \sin \alpha - F_{тр1}$$

$$a_2 \text{ находим из условия: } a_2 = \frac{0,6 \text{ м/с}}{0,2 \text{ с}} = 3 \text{ м/с}^2$$

слож. ур. ① и ②:

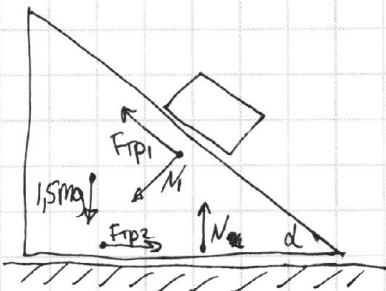
$$m(a_1 + a_2) = 2mg \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{6 \text{ м/с}^2 + 3 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \boxed{0,45}$$

отсюда можем найти силу трения $F_{тр}$ между шайбой и клином: $F_{тр} = ma_1 - mg \sin \alpha = 0,4 \text{ кг} \cdot (6 \text{ м/с}^2 - 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,45) = 0,6 \text{ Н}$

Чтобы найти силу N запишем усл. равновесия клина по верт. оси:

$$1,5mg + N \cos \alpha = F_{тр1} \sin \alpha + N \sin \alpha \quad (\text{из } 2 \text{ ур.})$$

$$N = 1,5mg + mg \cos^2 \alpha - F_{тр1} \sin \alpha = 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot (1,5 + 1 - 0,2025) - 0,6 \text{ Н} \cdot 0,45 = 9,17 \text{ Н} - 0,27 \text{ Н} = \boxed{8,9 \text{ Н}}$$





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!

Чтобы найти какие значения μ принимать коэфф. трения запис. усл. равновес. камня на горизонт. ось для обоих промежутков времени:

$$1) F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha$$

$$2) F_{\text{тр}2} = N_1 \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha \quad \text{и} \quad F_{\text{тр}22} < \mu N_2$$

т.к. камень покоится $F_{\text{тр}1} \neq F_{\text{тр}2} < \mu N$. Если это верно для $F_{\text{тр}1}$, то точно верно для $F_{\text{тр}2}$, т.к. $F_{\text{тр}2} < F_{\text{тр}1}$ (видно из ур-ний) и $N_2 > N_1$, т.к. в втором случае $F_{\text{тр}}$ тоже направ. вниз $\Rightarrow$ сумма сил, направ. вниз $>$ чем в 1-м сл. $\Rightarrow N_2 > N_1$.

$$F_{\text{тр}1} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha < \mu N$$

$$\frac{F_{\text{тр}1} \cos \alpha + N_1 \sin \alpha}{N} = 0,64 \cdot \sqrt{1 - \frac{81}{400}} + mg \Rightarrow N_2 > N_1$$

$$\mu > \frac{F_{\text{тр}1} \cos \alpha (F_{\text{тр}1} + mg \sin \alpha)}{8,9 \text{ Н}} = \frac{\sqrt{1 - \frac{81}{400}} \cdot (0,6 \text{ Н} + 0,4 \text{ Н} \cdot 0,45)}{8,9 \text{ Н}}$$

$$= \frac{\sqrt{319} \cdot 2,4}{20 \cdot 8,9} \approx \frac{18 \cdot 2,4}{20 \cdot 8} = 0,24$$

$\mu > 0,24$

Ответ: $\sin \alpha = 0,45$; $N = 8,9 \text{ Н}$; $\mu > 0,24$

Ответ: $\sin \alpha = \frac{9}{20}$; $N = \frac{89}{10} \text{ Н}$; $\mu > \frac{6}{25}$



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
☐

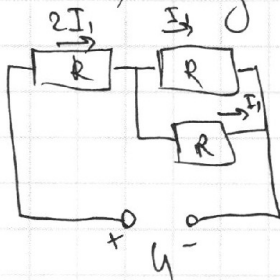
7
☐

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!

Т.к. Сопротив. амперметра $\ll R$, а сопротивление. Вольтметра

$\gg R$, схему можно переписать так:



Рассставим
токи

$$U = 2I_1R + I_1R \Rightarrow I_1 = \frac{U}{3R} \Rightarrow I_1 = \frac{24}{3 \cdot 200} = 0,4 \text{ A}$$

Через амперметр протекает ток $I_1 = \frac{U}{3R} \Rightarrow$
 $\Rightarrow I_A = 0,2 \text{ A}$

Найдём, мощность, рассеиваемую в цепи:

$$P = UI = 120 \text{ В} \cdot 0,4 \text{ А} = 48 \text{ Вт}$$

Ответ: $I = 0,4 \text{ А}$; $I_A = 0,2 \text{ А}$; $P = 48 \text{ Вт}$.



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!

В калориметре в итоге оказались и лёд и вода $\Rightarrow$ в нём установилась ~~конечная~~ температура $t_k = 0^\circ\text{C}$

Масса ост. воды $m_{\text{в}} = 11\text{ т}$; $m_{\text{л}} = 9\text{ т}$, где m — уст. сг. массы.

Общая масса не изменилась, а изнач. и воды и льда было поровну $\Rightarrow$ их начальная масса $m_0 = \frac{11\text{ т} + 9\text{ т}}{2} = 10\text{ т}$.

из $10\text{ т} - 9\text{ т} = 1\text{ т}$ льда перешло в воду $\Rightarrow S = \frac{m}{10\text{ т}} = \boxed{0,1}$

Первым $t_k = 0^\circ\text{C}$ достиг лёд и он переходит в воду, пока вода продолж. остывать до 0°C .

$$C_{\text{в}} \cdot 10\text{ т} (t_1 - t_k) = C_{\text{л}} \cdot 10\text{ т} (t_k - t_2) + \lambda m$$

$$t_1 = \frac{10 C_{\text{л}} (t_k - t_2) + \lambda + 10 C_{\text{в}} t_k}{10 C_{\text{в}}} = \frac{10 \cdot 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C} + 336 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 0}{10 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}} =$$

$$42 + 33,6^\circ\text{C} = 10 + \frac{336}{4,2} = \boxed{18^\circ\text{C}}$$

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

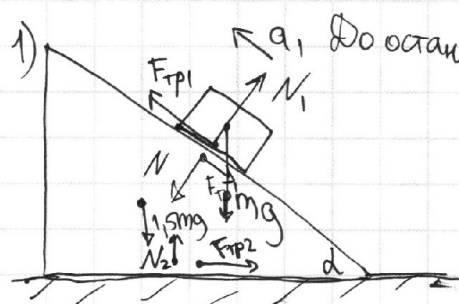


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

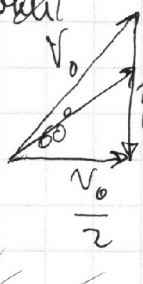
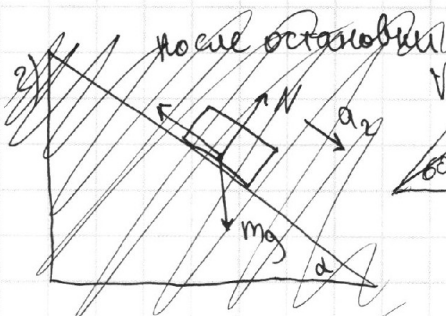
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



1) До остановки: Т.к. шайба движется отн. клина, $F_{тр1} = \mu N_1$

$mg \cos \alpha = N_1$ (т.к. в проекции на ось, перпен. клину, поверхность клина $a_{\text{шайб}} = 0$).

$ma = \mu mg \sin \alpha$



$v_0 = \frac{20}{\sin 60^\circ} = \frac{40}{\sqrt{3}}$
 $H = 20 \cdot 2 - 20 = 20 \text{ м}$

За 0,1 с сила $F_{тр1} = mg \sin \alpha$ проделала работу по перемещению тела на $S_1 = \frac{0,1 \cdot 0,6 \text{ м/с}}{2} = 0,03 \text{ м}$ (площадь под графиком) и изм. кин. энергию:

$(F_{тр1} - mg \sin \alpha) S_1 = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$, где $v_1 = 0,6 \text{ м/с}$, $v(t=0)$

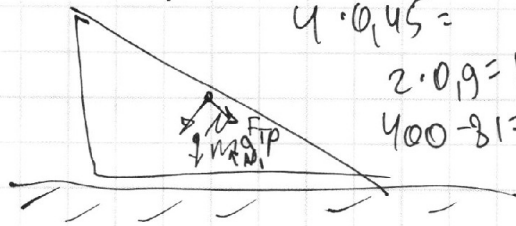
$F_{тр1} = \frac{m v_1^2}{2 S_1} + mg \sin \alpha$

Затем после остановки:

$S_2 = \frac{0,2 \cdot 0,6 \text{ м/с}}{2} = 0,06 \text{ м}$

$(F_{тр1} - mg \sin \alpha) S_2 = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$, где $v_2 = v(t=0,3 \text{ с}) = 0,6 \text{ м/с}$.

$120 \cdot 0,4 = 48 \text{ Вт}$ $\frac{4}{25} \cdot \frac{8}{200} + 2 \cdot \frac{1}{25} \cdot \frac{8}{200}$ ✓



$4 \cdot 0,45 = 1,8$
 $400 - 81 = 319$

$\frac{2,5000}{0,2025} = 2,2975$

$22,975 = (23 - \frac{3}{40}) \cdot \frac{2}{5} = 9,20 - 0,03 = 9,17$
 $0,3 \cdot 0,9$



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
☐

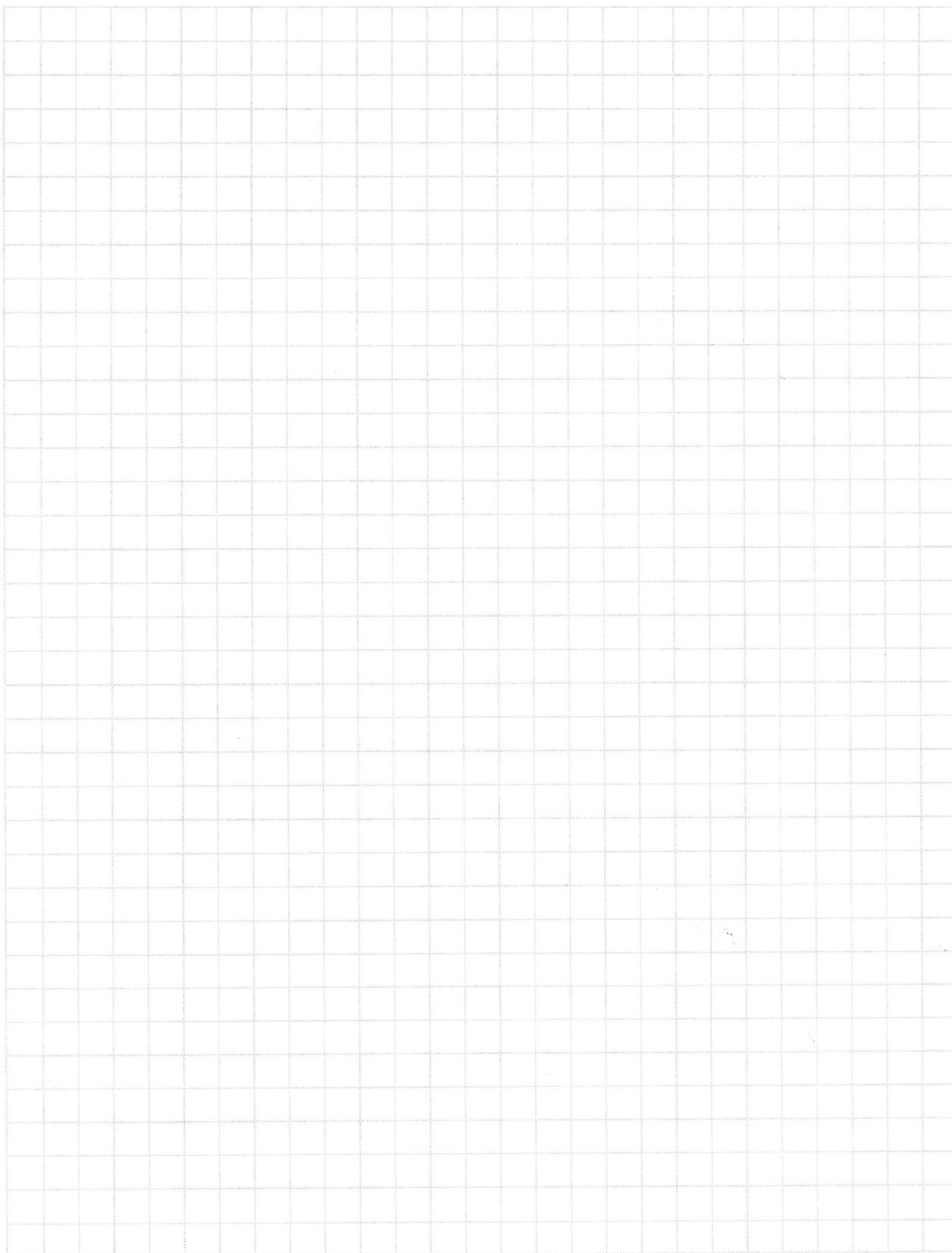
5
☐

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!

