



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 $t = T$.

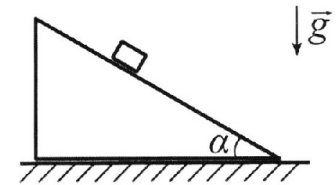
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{v_{MAX}}{v_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

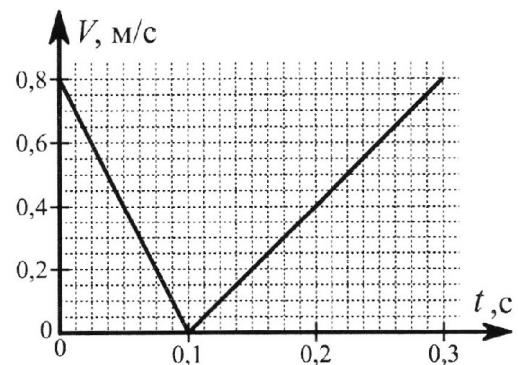
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до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





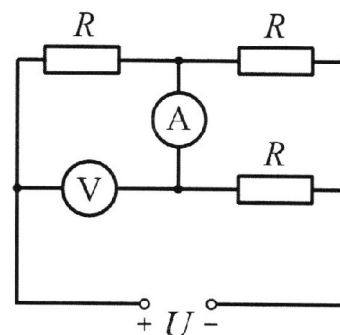
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 $c_L = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_B = 4,2 \cdot 10^3$ 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

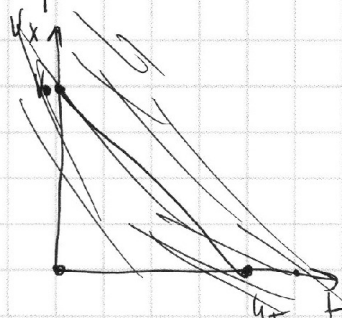
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 1

$$v_x(t) = v_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$$

Построим график з.в. скорости
модуль от времени. Он линейн

напр. ось по оси v_0



III Построим по графику величину пройденного
пути, т.е.

$$S = \frac{v_0 T}{2} + \frac{9v_0 T}{2} = 5v_0 T = 40 \text{ м}$$

Теперь найдем ускорение по
определению как

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = -\frac{v_0}{T}, \text{ оно постоянно.}$$

по 2.3.11.

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow |F| = m \cdot \frac{v_0}{T} = \frac{4}{2} \cdot 0,2 \text{ Н} = \boxed{0,4 \text{ Н}}$$

$$A = |F| \cdot \Delta x = F(S - v_0 T) = 4v_0 T F =$$

перемещение тела

$$= 4v_0 T \cdot m \frac{v_0}{T} = 4v_0^2 m = 64 \cdot 0,2 \text{ Дж} = 12,8 \text{ Дж}$$

$$A = S \cdot F = \frac{v_0 T}{2} \cdot m \frac{v_0}{T} = \frac{mv_0^2}{2}$$

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

Ответ: $S = 5v_0 T = 40 \text{ м}$; $a = |F| = \frac{mv_0}{T} = 0,4 \text{ Н}$; $A = \frac{mv_0^2}{2} = 1,6 \text{ Дж}$



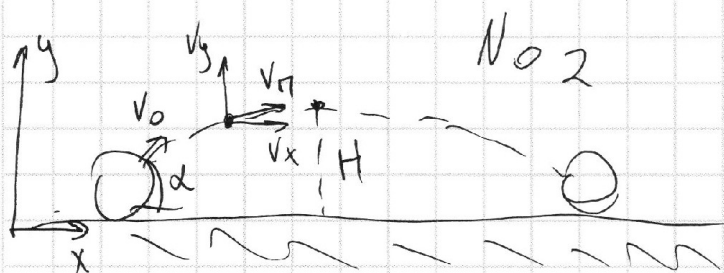
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!



№ 2

$$V_{\text{max}} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$V_x^2 = \text{const}$$

↓
max скор. при $V_y \text{ max}$
и min скор. при $V_y \text{ min}$

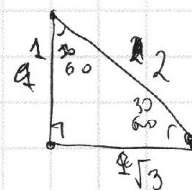
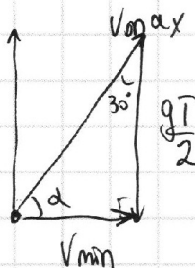
$$V_y(t) = \underbrace{V_0 \sin(\alpha)}_{\text{const}} - gt$$

↓
max скорость для при удара, а max. скорость для в мом.
того когда max вертикаль на высоте H.

$$V_{\text{min}} = V_x$$

$$V_{\text{max}} = \sqrt{V_{\text{min}}^2 + V_0^2 \sin^2(\alpha)}$$

$$V_y = \frac{gT}{2}$$



Исп. векторный Δ -ик
скоростей, учитывая то
что мин-ик angles Δ равен
вертикаль для $\frac{T}{2}$

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

проекции max по углу в 60°

из ур-я V_y следует по V_y
на обрат. в 0 в момент когда $t = \frac{T}{2}$

$$y(t) = 0 + V_0 \sin(\alpha) t - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$t^* = \frac{T}{2} \text{ т.е. в момент angles}$$

$$V_{\text{max}} \sin(60) = \frac{gT}{2}$$

$$V_{\text{max}} = \frac{gT}{\sqrt{3}}$$

$$V_{\text{min}} = V_x = \frac{gT}{2\sqrt{3}} \Rightarrow S = \frac{gT^2}{2\sqrt{3}}$$

$$H = \frac{gT^2}{2} \cdot \frac{1}{2} - g \cdot \frac{T^2}{8} = \frac{gT^2}{8} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{8} \right) = \frac{1}{8} gT^2$$

$$H = \frac{1}{8} \cdot 10 \cdot 4^2 = 20 \text{ м}$$

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



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
☐

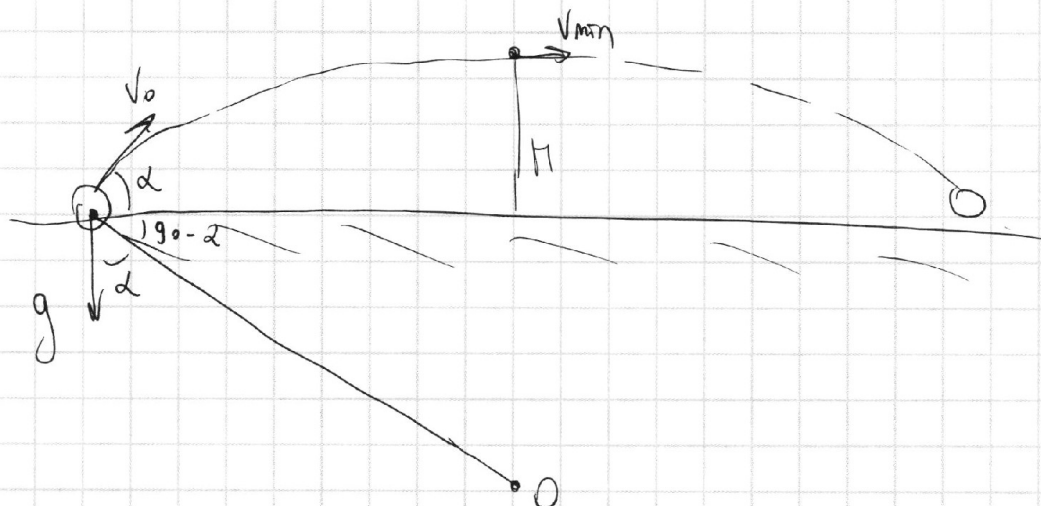
7
☐

СТРАНИЦА
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!

№2. Продолжение

Найдем радиус траектории тела в мин. м. в.р



$$a = g \cos(\alpha)$$

$$v = v_0 = v_{\max} = \frac{gT}{\sqrt{3}} \Rightarrow R \cdot g \cos \alpha = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{a} = \frac{gT^2}{3g \cos(\alpha)} =$$
$$= \frac{gT^2}{3 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{2}{3} gT^2 = \frac{2}{3} \cdot 160 \text{ м} = \frac{320}{3} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } R = \frac{2}{3} gT^2 = \frac{320}{3} \text{ м}; S = \frac{gT^2}{2\sqrt{3}} = \frac{160}{\sqrt{3}} \text{ м} \approx \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}; H =$$

$$H = \frac{1}{8} gT^2 = 20 \text{ м}$$

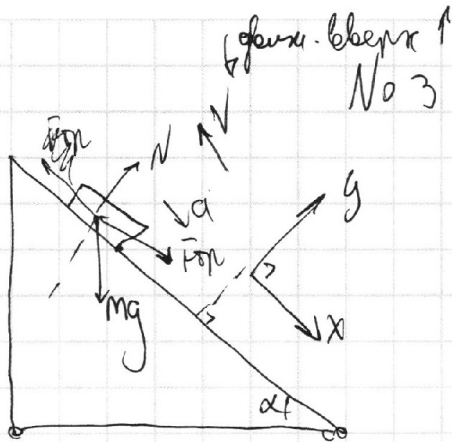


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

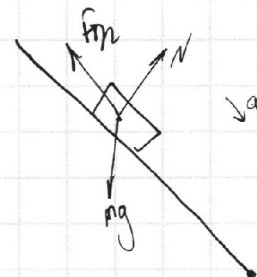
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



Шарику толкают вверх
со скор. v_0 . ~~Приведенная~~
~~Тогда ускор.~~



μ_0 - коэф. трения
и-у брусом и
клином

2 3.к. на шарик
$$\vec{F}_{тр} + \vec{mg} + \vec{N} = m\vec{a}$$

на ОХ: при движ. вверх

и
$$F_{тр} + mg \sin(\alpha) = ma_x$$

на ОУ:
$$N = mg \cos(\alpha)$$

↓ по зем. АМ. Купона

$$F_{тр} = \mu_0 mg \cos(\alpha)$$

и
$$\mu_0 mg \cos(\alpha) + mg \sin(\alpha) = m \cdot a_1$$

$$\sin(\alpha) + \mu_0 \cos(\alpha) = 0.8$$

$$\sin(\alpha) = 0.6$$

Аналогично для шарика когда клин идет вниз

$$\sin(\alpha) \cdot mg - \mu_0 mg \cos(\alpha) = m \cdot a_2$$

$$\sin(\alpha) - \mu_0 \cos(\alpha) = \frac{a_2}{g}$$

$$\begin{cases} \sin(\alpha) - \mu_0 \cos(\alpha) = 0.4 \\ \sin(\alpha) + \mu_0 \cos(\alpha) = 0.8 \end{cases}$$

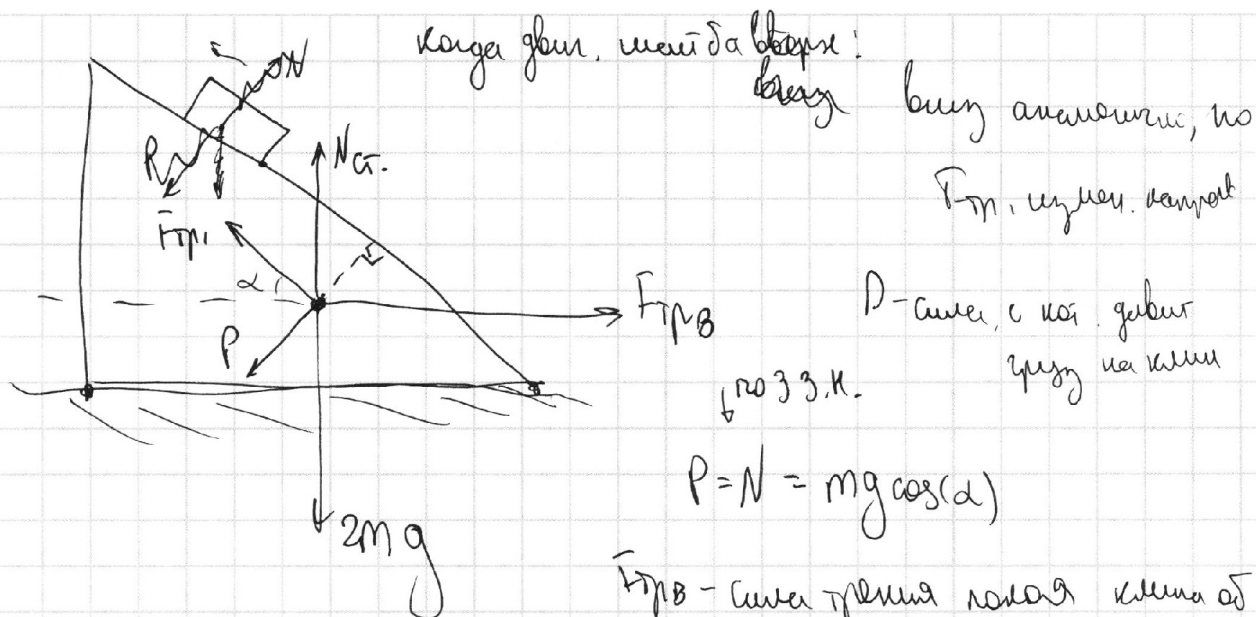


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$F_{тр}$ - сила трения которая клин об скл.

23.к. для 2м:

$$2mg + N_{ск} + F_{тр} + \bar{P} = 0$$

на ОХ:

$$P \sin(\alpha) + F_{тр} \cos(\alpha) = F_{тр}$$

$$mg \cos(\alpha) \sin(\alpha) + \mu_0 mg \cos^2(\alpha) = F_{тр}$$

$$\mu_0 = \frac{0.4 + \sin(\alpha) - 0.4}{\sqrt{1 - \sin^2(\alpha)}} = \frac{0.2}{0.8} = \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{4^2}{5^2} = \frac{4}{25} = \frac{16}{100}$$

$$\cos(\alpha) = 0.8$$

$$F_{тр} = mg(0.8 \cdot 0.6 + \frac{1}{4} \cdot 0.8^2) = mg(0.88 + 0.16) = mg(1.04) = 1.04 mg$$

Всегда будет в левое или правое направление, т.е. трения будет равна силе трения статическая, т.е.

$$\mu N_{ск} = 1.04 mg; \text{ из 23.к. на ОУ: } N_{ск} = mg(2 + \cos(\alpha)) + F_{тр} \sin(\alpha)$$

Этот случай (если мы дадим скорость) и будет означать что в котором уже $F_{тр}$ наименьше, т.е.

в на направление силы трения от момента скл. в направлении

пробовали было клин выдвинуть относительно клина от-0 стала.

$$\frac{88}{64} = \frac{52}{52}$$



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!

$$N_{\text{ст}} = mg(2 + 0.8) + \mu mg \cos(\alpha) \sin(\alpha) = mg(2 + 0.8 + 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.6)$$

$$N_{\text{ст}} = mg(3.2) = mg(2.92)$$

$$mg \cdot 3.01 \cdot \mu = 1.52 mg$$

$$\mu = \frac{1.52}{3.01} = \frac{152}{301}$$

$$mg \cdot 2.92 = \mu = mg \cdot 0.64$$

$$\mu = \frac{0.64}{2.92} = \frac{64 \cdot 4^3}{292 \cdot 73} = \frac{16}{73}$$

$$\begin{array}{r} 1 \cdot 0.48 = \\ 42 \\ 5 \cdot \\ 210 \\ 24 \end{array} = 0.12$$

при всех меньших μ он будет больше

Ответ: $\sin(\alpha) = 0.6$ $F_{\text{max}} = 0.64 mg = 3.2 mg = 1.28 \text{ Н}$

при всех $\mu \leq \frac{16}{73}$ не будет клин скользить

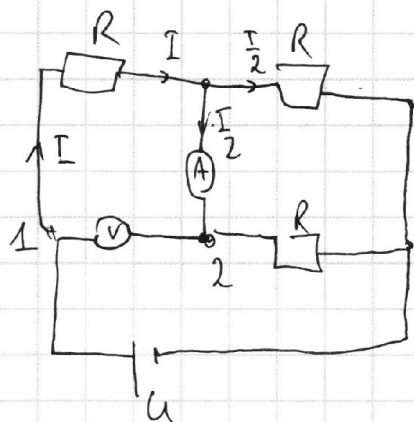


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

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!

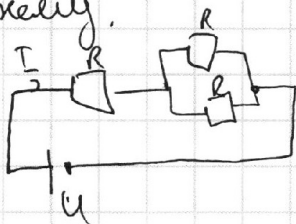


аналогичные сопротивления

№4

Т.к. V и A идеальны.

⊙ - резисторы
⊙ - предел
соединены, перерисуем



$$I \cdot \left(R + \frac{R}{2}\right) = U$$

$$\downarrow I = \frac{U}{\frac{3}{2}R} = \frac{1}{5}A$$

⊙ по закону Кирхгофа напряжение комп. м-ду т. 1 2, оно по замкнутому контуру равно $I \cdot R = \frac{2}{3}U = 20В$. По замкн. контуру: $P = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}} = \frac{900}{150} Вт = 6 Вт$

$$P \leq I^2 R + 2 \cdot \left(\frac{I}{2}\right)^2 \cdot R = I^2 \left(R + \frac{R}{2}\right) = \frac{1}{25} A^2 (150 \text{ Ом}) = 6 Вт$$

$$\text{Ответ: } I = \frac{24}{3R} = 0,2A; V_0 = \frac{2}{3}U = 20В; P = \frac{24^2}{3R} = 6Вт$$



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!

№ 5



Так как в конце остались лед и вода, то конечная температура смеси равна 0°C лед замерзнет в воду. Значим др-ву.

~~550/14~~
~~12/30~~
~~130~~

$$cm(0 - t_2) = cm\Delta t_1 + \lambda \cdot \Delta m$$

Δm - масса воды, которая превратилась в лед. Она равна $\frac{1}{8}m$

$$t_2 = - \frac{ct_1 + \lambda \cdot \frac{1}{8}}{c}$$

Было:

Стало

(m) (m) (m-\Delta m) (m-\Delta m)
 лед вода лед вода

$$\frac{m+\Delta m}{m-\Delta m} = n \Rightarrow \Delta m \in m+\Delta m = nm - n\Delta m \Rightarrow \Delta m = \frac{m(n-1)}{1+n} = \frac{1}{8}m$$

$$t_2 = - \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10 + \frac{3,36 \cdot 10^5}{8}}{2,1 \cdot 10^3} = -20 + \frac{3,36}{8 \cdot 2,1} \cdot 10^2$$

$$\begin{array}{r} 336 | 2 \\ 168 | 2 \\ 81 | 3^4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1680 | 2 \\ 840 | 2 \\ 420 | 2 \\ 210 | 2 \\ 105 | 3 \\ 35 | 7 \cdot 5 \end{array}$$

$$\Rightarrow \frac{336}{1680} = \frac{2^3 \cdot 3^4}{2^{42} \cdot 3 \cdot 7 \cdot 5} =$$

$$= \frac{27}{7 \cdot 140} \downarrow$$

$$\begin{array}{r} 3,36 | 16,8 \\ \hline \end{array}$$

$$-20 + \frac{27}{70} \cdot 10^2 = -20 + \frac{27}{14} \cdot 10 \approx -10,7$$

$$\Delta m = \frac{m(n-1)}{n+1}$$

$$t_2 = -ct_1 + \lambda \cdot \frac{(n-1)}{n+1}$$

$$t_2 = -550^\circ\text{C}$$

$$\Delta = \frac{1}{8}$$

$$\Delta m = \frac{1}{8}m$$

$$t_2 = -550^\circ\text{C}$$



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
☒

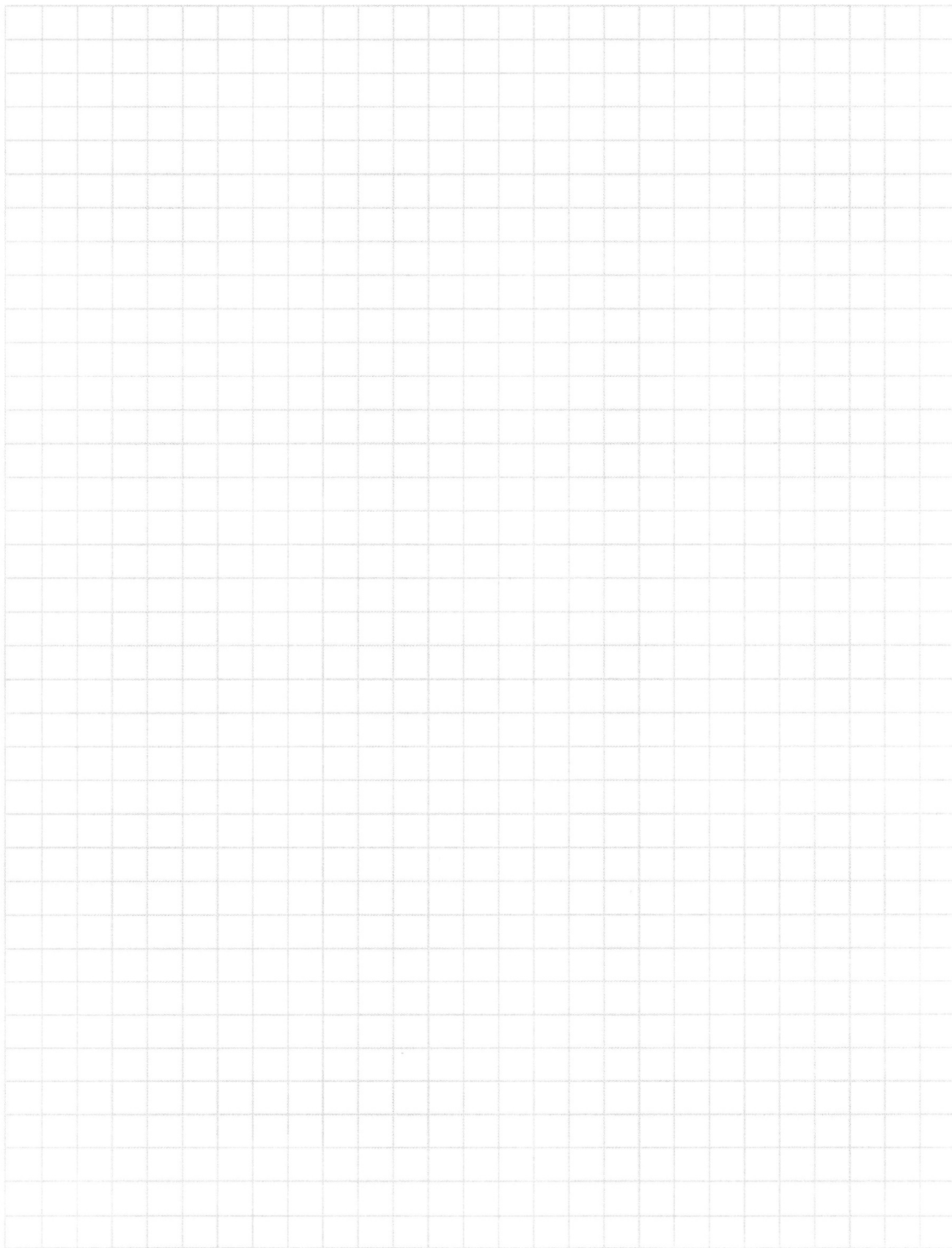
5
☒

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!

