



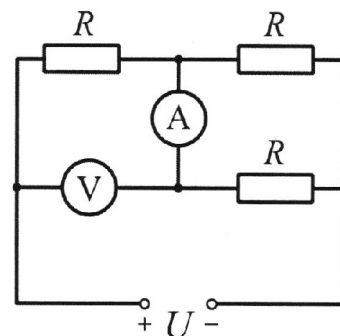
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

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 $t = T$.

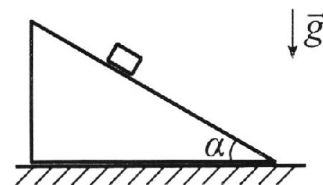
2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через $T = 4$ с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха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

1. Найдите максимальную высоту H полета.

2. Найдите горизонтальную дальность S полета.

3. Найдите радиус R кривизны начального участка траектории.

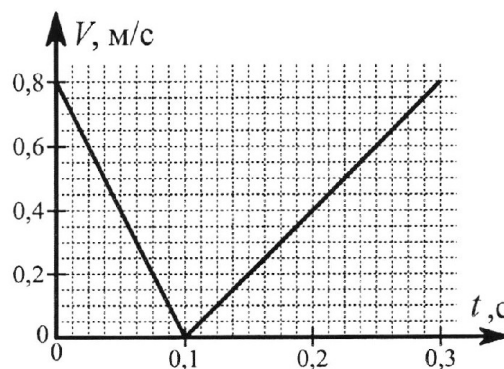
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до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





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!

Введем ось x вдоль $\vec{v}_0$. Тогда

$$v_x = v_{0x} \left(1 - \frac{t}{T}\right), \quad a_x = \frac{dv_x}{dt} = -\frac{v_{0x}}{T} = -\frac{v_0}{T} \Rightarrow a = \frac{v_0}{T} \text{ и НАПРАВЛЕНА ПРОТИВ ОСИ } x; \text{ Путь пройденный}$$

до разворота найдем из формулы без времени

$$v(0)^2 = v_0^2 = 2a s_1 \text{ откуда } s_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0 T}{2}. \text{ После}$$

$$\text{разворота: } s_2 = \frac{a(t-T)^2}{2}, \text{ т.к. разворот при } v=0, \text{ т.е.}$$

$$\text{т.е. в момент } T. \text{ Тогда } s_2 = \frac{a(3T)^2}{2} = \frac{9v_0 T}{2}. \text{ Получим}$$

$$1. s = s_1 + s_2 = 5v_0 T = 40 \text{ м}$$

$$2. \text{ По 2.3.н } F = ma = \frac{mv_0}{T} = 0,4 \text{ Н}$$

$$3. \text{ РАБОТА силы } F: A = -F \cdot s_1 = -\frac{mv_0}{T} \cdot \frac{v_0 T}{2} = -\frac{mv_0^2}{2} =$$

$$= -1,6 \text{ Дж}, \text{ т.к. } F \text{ НАПРАВЛЕНА ПРОТИВ ОСИ } x, \text{ а перемещение по ос. } x.$$

ОТВЕТ: 1. $s = 40 \text{ м}$

$$2. F = 0,4 \text{ Н}$$

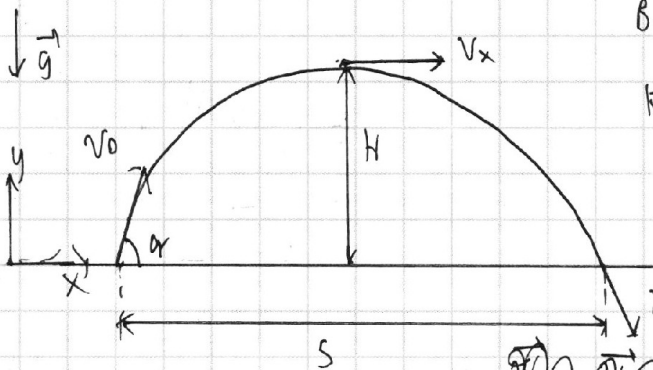
$$3. A = -1,6 \text{ Дж}$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!



ВВЕДЕМ ОСИ x И y

КАК НА РИСУНКЕ.

ТОГДА ПО ОСИ x И y :

$v_x = \text{const}$, по оси y :

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$v_y = v_{0y} - gt$. Тогда $v_{\min} = v_x$, а $v_{\max} = v_0$.

ВРЕМЯ ПОЛЕТА $T = \frac{2v_{0y}}{g}$, а дальность полета

$$S = v_x T, \quad v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2}. \quad \text{Тогда } n = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2}}{v_x}. \quad \text{Тогда } n^2 v_x^2 = v_x^2 + v_{0y}^2, \quad v_{0y} = \frac{gT}{2}. \quad \text{Тогда}$$

$$v_x^2 = \frac{v_{0y}^2}{n^2 - 1} \Rightarrow v_x = \frac{v_{0y}}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{gT}{2\sqrt{n^2 - 1}}. \quad \text{Тогда}$$

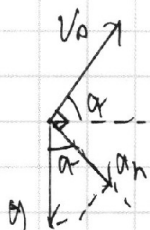
по формуле без времени $v_{0y}^2 = 2gH$

$$1. H = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{(gT)^2}{8g} = \frac{gT^2}{8} = 20 \text{ м}$$

$$2. S = v_x T = \frac{gT^2}{2\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

3. Если ~~мало~~ бросок был под углом α к горизонту,

то $\cos \alpha = \frac{v_x}{v_0} = \frac{1}{n}$. Тогда $a_n = g \cos \alpha = \frac{g}{n}$. Тогда



$$\begin{aligned} a_n &= \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v_0^2}{a_n} = \frac{n v_0^2}{g} = \\ &= \frac{n(v_x^2 + v_{0y}^2)}{g} = \frac{n}{g} \left(\frac{1}{n^2 - 1} + 1 \right) \cdot \frac{g^2 T^2}{4} = \\ &= \frac{gT^2}{4} \cdot \frac{n^3}{(n^2 - 1)} = \frac{40 \cdot 8}{3} \text{ м} = \frac{320}{3} \text{ м} \end{aligned}$$



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!

ОТВЕТ ; 1. $H = 20\text{ м}$

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

$$3. R = \frac{320}{3} \text{ м}$$



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

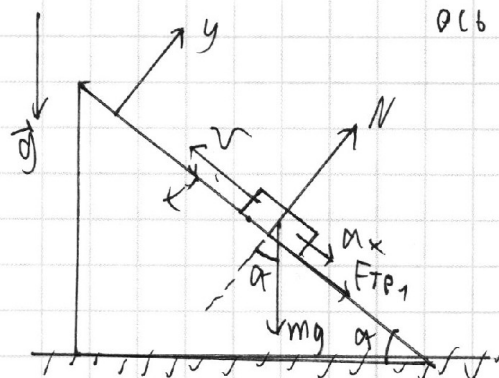
1 из 3

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!

1. Т.к. на графике есть излом, то ~~клин~~ шайба

сначала едет вверх, а потом вниз. Введем

ось x по движению клина и y перпендикулярно ей.
По 2.3.н. для шайбы:



$$\vec{N} + \vec{F}_{тр1} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad \text{По оси } y:$$

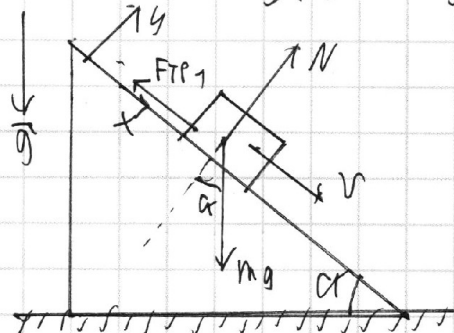
$$ma_y = 0 = N - mg \cos \alpha \quad \text{Откуда}$$

$$N = mg \cos \alpha \quad \text{По оси } x:$$

$$ma_x = F_{тр1} + mg \sin \alpha, \quad F_{тр1} = \mu N = mg \mu_1 \cos \alpha,$$

μ_1 — коэффициент трения между клином и шайбой.

$$a_x = g(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)$$



Когда тело едет вниз:

По оси y :

$$ma_y = 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha \quad \text{По оси } x:$$

$$ma_x = mg \sin \alpha - F_{тр1}; \quad F_{тр1} = \mu_1 N = \mu_1 mg \cos \alpha.$$

$$\text{Тогда } a_x = g(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha), \quad \text{кроме того}$$

$$a_x = \frac{dv}{dt} \quad \text{Тогда для графика } K_1 = -g(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha),$$

$$\text{А } K_2 = g(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha). \quad \text{Угловые коэффициенты}$$

$$\text{из графика: } K_1 = -8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad K_2 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad \text{Тогда}$$

$$K_2 - K_1 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{K_2 - K_1}{2g} = 0,6, \quad \text{А}$$

$$\mu_1 = \frac{\sin \alpha - \frac{K_2}{g}}{\cos \alpha} = \frac{0,6 - 0,4}{0,8} = 0,25$$



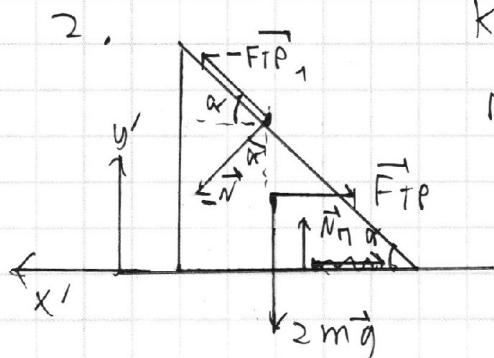
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
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!

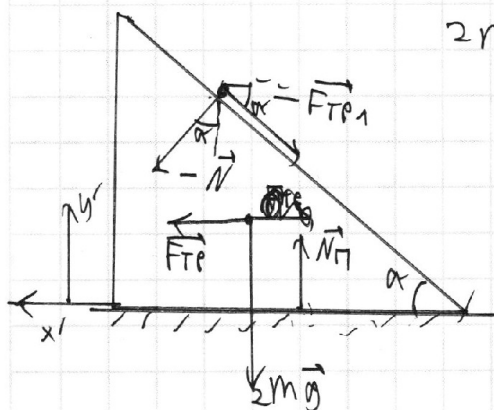


КОГДА ШАЙБА ЕДЕТ ВВЕРХ
ПО ОСИ x' ДЛЯ КЛИНА:

$$2m a_{x'} = 0 = F_{T1} \cos \alpha + N \sin \alpha + F_{T2} x'$$

$$F_{T2} x' = -(F_{T1} \cos \alpha + N \sin \alpha)$$

КОГДА ШАЙБА ЕДЕТ ВНИЗ ПО 2-3 И ПО ОСИ x' :



$$2m a_{x'} = 0 = F_{T2} x' + N \sin \alpha - F_{T1} \cos \alpha$$

$$F_{T2} x' = \cos \alpha F_{T1} - N \sin \alpha, \text{ КОГДА}$$

ТЕЛО ЕДЕТ ВВЕРХ (СИЛА ТРЕНИЯ

ПО МОДУЛЮ БОЛЬШЕ ЧЕМ КОГДА
ШАЙБА ЕДЕТ ВНИЗ. ТОГДА

$$F_{T2} = F_{T1} \cos \alpha + N \sin \alpha = (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) N = \cancel{mg \cos \alpha + \mu_1 mg \cos \alpha}$$

$$= mg \cos \alpha \cdot \frac{-k_1}{g} = -k_1 m \cos \alpha; \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

$$F_{T2} = (8 \cdot 0,8 \cdot 0,2) \text{ Н} = 1,28 \text{ Н}$$

3. ~~ДЛЯ МОМЕНТА КОГДА ШАЙБА ДАНА КАНА~~

ПО ОСИ y' : $N \sin \alpha = 2mg + F_{T1} \sin \alpha + N \cos \alpha =$

$$= 2mg + N(\mu_1 \sin \alpha + \cos \alpha) = mg(2 + \cos \alpha(\mu_1 \sin \alpha + \cos \alpha))$$

ТОГДА $\mu \geq \frac{F_{T2}}{N \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha(\mu_1 \sin \alpha + \cos \alpha)}{2 + \cos \alpha(\mu_1 \sin \alpha + \cos \alpha)} =$

$$= \frac{8(0,6 + 0,25 \cdot 0,8)}{20 + 8(0,25 \cdot 0,6 + 0,8)} = \frac{6,4}{20 + 8 \cdot 0,95} = \frac{6,4}{27,6} = \frac{64}{276}$$



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!

3. По 2.3, и вдоль оси y' получим

$$N_n = 2mg + N - F_{TP}$$

$$N_n = 2mg + N \cos \alpha - F_{TP} \sin \alpha, \text{ когда } \begin{matrix} \text{ШАЙБА} \\ \text{ЕДЁТ ВВЕРХ} \end{matrix}$$

$$N_n = 2mg + N \cos \alpha + F_{TP} \sin \alpha, \text{ когда ШАЙБА ЕДЁТ ВНИЗ.}$$

Тогда $\mu \geq \frac{F_{TP}}{N_n}$. Когда ШАЙБА ЕДЁТ ВВЕРХ

х клина F_{TP} больше чем когда ШАЙБА ЕДЁТ ВНИЗ, а N_n меньше. Тогда достаточно записать

ограничение только когда ШАЙБА ЕДЁТ ВВЕРХ.

$$\mu \geq \frac{F_{TP}}{N_n} = \frac{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) N}{2mg + N \cos \alpha - \mu N \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2 + \cos^2 \alpha - \mu \cos \alpha \sin \alpha} =$$

$$= \frac{0,3(0,6 + 0,2)}{2 + 0,64 - 0,2 \cdot 0,6} = \frac{0,24}{2,52} = \frac{64}{63}$$

ОТВЕТ: 1) $\sin \alpha = 0,6$

2) $F_{TP} = 1,28 \text{ Н}$

3) $\mu \geq \frac{16}{63}$

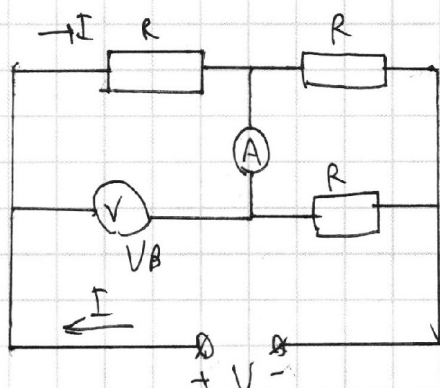


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



АМПЕРМЕТР МОЖНО СЧИТАТЬ
ПЕРЕМЫЧКОЙ, А ВОЛЬТМЕТР

РАЗРЫВОМ ЦЕПИ. ТОГДА

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЦЕПИ: $R_0 = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$.

1) $I = \frac{U}{R_0} = \frac{2U}{3R} = \frac{20}{100} \text{ A} = 0,2 \text{ A}$

ЧЕРЕЗ ВЕРХНИЙ РЕЗИСТОР ИДЕТ

ТОК I . ТОГДА

2) $U_B = IR = \frac{2U}{3} = 20 \text{ В}$

3.) МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ $P = I^2 R_0 = U \cdot I = \frac{2U^2}{3R} = 6 \text{ Вт}$

ОТВЕТ: 1. $I = 0,2 \text{ A}$

2. $U_B = 20 \text{ В}$

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 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. Т.к. $n > 1$, то масса льда в конце больше

массы воды. Тогда часть воды замерзла.

Если в начале $m_1 = m_2 = m$, т.е. массы воды и льда равны m , то в конце $n = \frac{m_{\text{лк}}}{m_{\text{вк}}}$ и

$m_{\text{лк}} + m_{\text{вк}} = 2m$. Откуда $m_{\text{вк}}(n+1) = 2m$. Откуда

$m_{\text{вк}} = \frac{2m}{n+1}$, т.к. часть воды замерзла, то

$\Delta m = m_2 - m_{\text{вк}} = m \left(1 - \frac{2}{n+1} \right)$, а тогда

$$\delta = \frac{\Delta m}{m_2} = \frac{\Delta m}{m} = 1 - \frac{2}{n+1} = 1 - \frac{2 \cdot 7}{9+7} = 1 - \frac{14}{16} = \frac{1}{8}$$

2. По уравнению теплового баланса

$$c_2 m (t_1 - t_0) + \lambda \Delta m = c_1 m (t_0 - t_2), \text{ т.к.}$$

в конце остались лед и вода температура смеси

$t_0 = 0^\circ\text{C}$. Откуда $c_2 t_1 + \lambda \delta = -c_1 t_2$. Получим

$$t_2 = - \frac{c_2 t_1 + \lambda \delta}{c_1} = - \frac{336}{2,1} - \frac{\lambda}{c_1} \left(1 - \frac{2}{n+1} \right) =$$

$$= -20 - \frac{336}{2,1} \cdot \frac{1}{8} = \left(-20 - \frac{42}{2,1} \right)^\circ\text{C} = -40^\circ\text{C}$$

ОТВЕТ: 1. $\delta = \frac{1}{8}$

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



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
☐

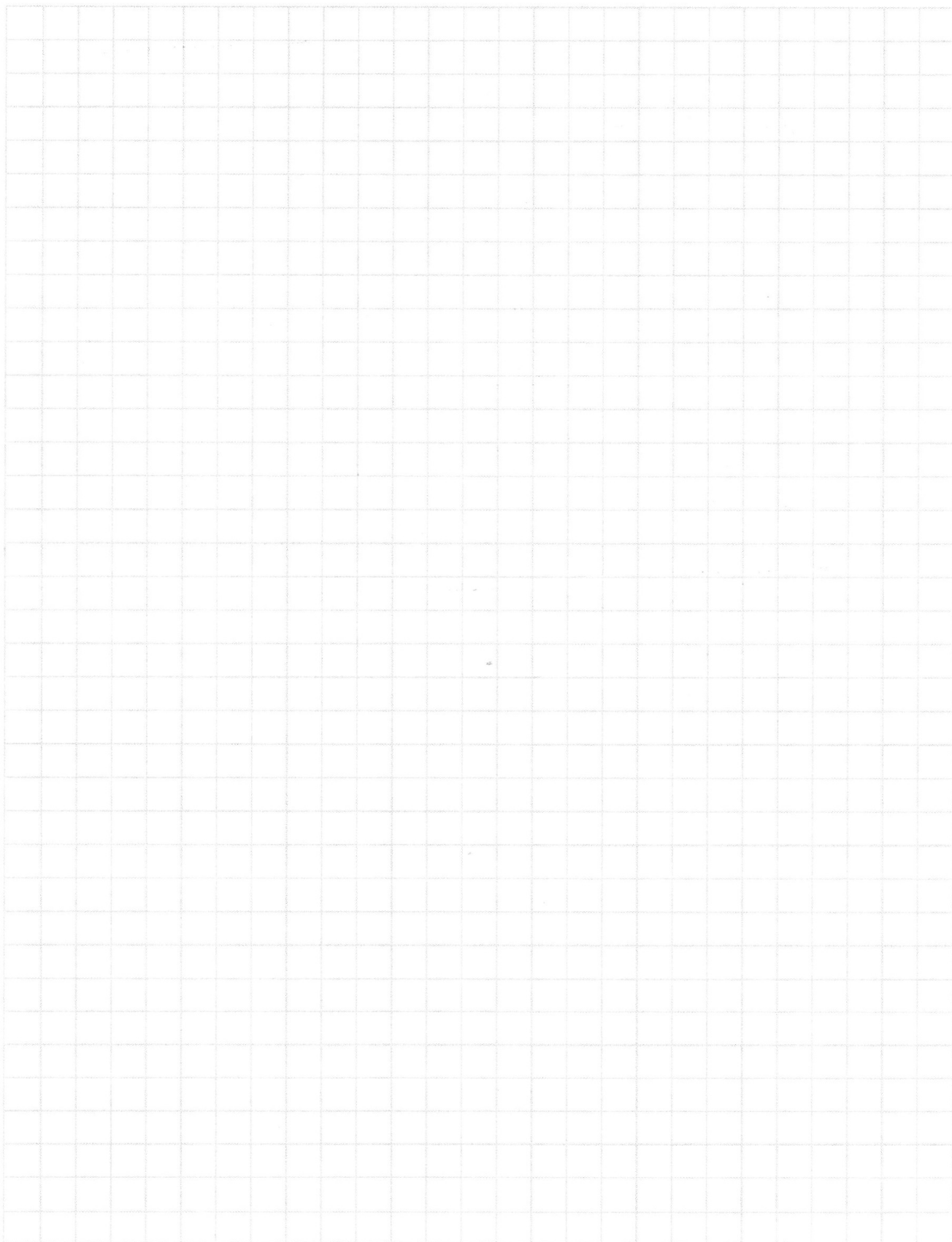
5
☐

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!





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!

$V_0 = 20 \frac{m}{c}$
 $N = 2 \cdot 0,8 = 1,6$
 $V_0 = \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{m}{c}$
 $F_{TP1} = 1,6 \cdot \frac{1}{4} = 0,4$
 $V_{0x} = \frac{20}{\sqrt{3}} c$
 $\alpha = 60^\circ$
 $0,4 \cdot 0,8 + 0,6 \cdot 1,6 = 1,28$
 $S = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{16 \cdot \frac{63}{10,25}}{9} = \frac{160 - 126 = 34}{9} = \frac{34}{9} \approx 3,78$
 $0,8 = \sin \alpha + \mu \cos \alpha$
 $0,4 = \sin \alpha - \mu \cos \alpha$
 $\sin \alpha = 0,8$
 $\cos \alpha = 0,6$
 $\mu = 0,25$
 $N = 2 \cdot 0,8 = 1,6$
 $F_{TP1} = 1,6 \cdot 0,25 = 0,4$
 $R = \frac{V_0^2}{g n} = \frac{V_0^2}{9(1 - \cos \alpha) \cos \alpha}$
 $N n = 2 m g + F_{TP1} \sin \alpha + N \cos \alpha$
 $= 1,6 \cdot 0,8 + 4 - 0,4 \cdot 0,6 = 2,6 \cdot 0,4 + 4 = 5,04$
 $1,28 + 4 = 5,28$
 $2 - 0,24$
 $\times 2,6$
 $0,4$
 $1,04$
 $5,72$
 $40 \cdot 2100 = \frac{336000}{8} + 10 \cdot 4200$
 $84000 = 42000 + 42000$
 $N n = 5,52$
 $F_{TP} = 0,4 \cdot 0,8 - 1,6 \cdot 0,6 = 0,32 - 0,96 = -0,64$
 $F_{TP} = 0,64$
 $\frac{0,64}{5,52} = \frac{64}{552} = \frac{32}{276} = \frac{16}{138} = \frac{8}{69}$
 $V(t) = V_0 - \frac{V_0}{T} t$
 $a = \frac{V_0}{T}$
 $\frac{0,32 + 0,96}{4 + 1,28 - 0,24} = \frac{1,28}{5,04} = \frac{128}{504}$