



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

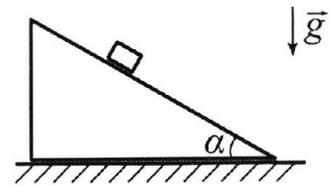
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь \vec{V}_0 – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

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 $t=T$.

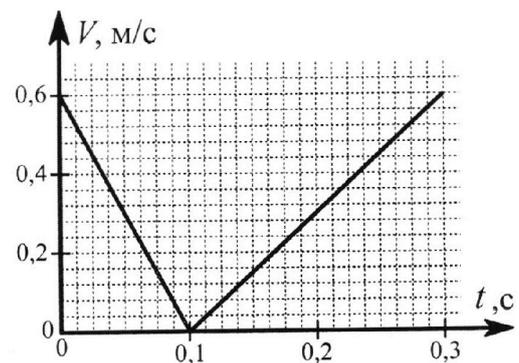
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

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?





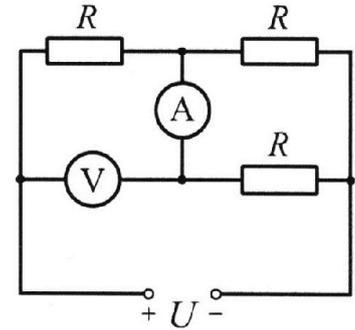
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 $c_{л} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{в} = 4,2 \cdot 10^3$ 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:

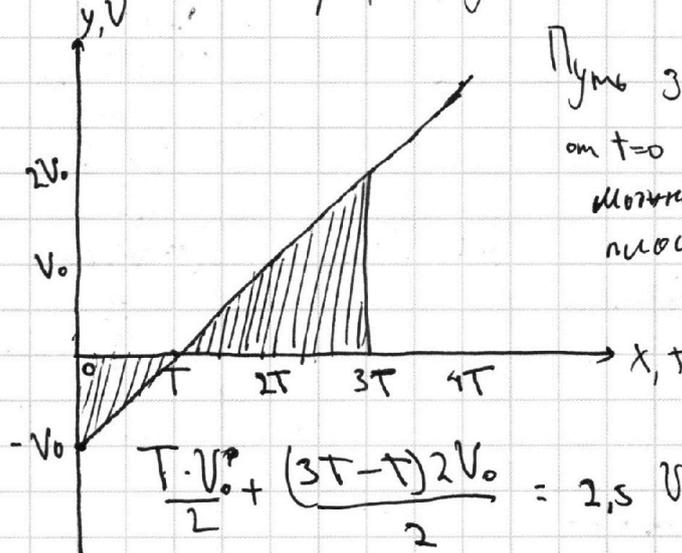
$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$V_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$T = 4 \text{ с}$$

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

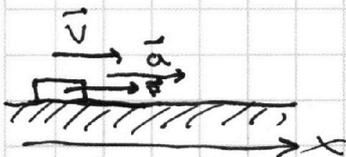
Построить график зависимости $V(t)$



Путь за время от $t=0$ до $t=3T$ можно найти и по площади под графиком

$$\frac{T \cdot V_0}{2} + \frac{(3T - T) 2V_0}{2} = 2,5 V_0 T = 2,5 \cdot 2 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с}$$

$$= 20 \text{ м}$$



Направление движения шайбы не меняется, введем ось x по направлению движения (см рис)

или ускорение a можно найти по графику:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_0}{T} = \frac{2 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$F_x = a \cdot m = \frac{V_0}{T} m = 0,5 \text{ м/с}^2 \cdot 0,4 \text{ кг} = 0,2 \text{ Н}$$

$$A = F \cdot S$$

$$S = \frac{-V_0 T}{2}$$

$$A = \frac{-V_0 T}{2} F = -0,8 \text{ Дж}$$

- Ответ:
1. 20 м
 2. 0,2 Н
 3. -0,8 Дж



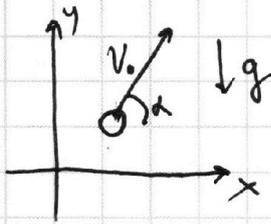
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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:
 $\alpha = 10^\circ$
 $T = 2c$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\Delta V_0 = \frac{V_0}{2}$



вв. СК:

x: $a_x = 0$
 $V_x = V_0 \cos \alpha$
y: $a_y = -g$
 $V_y = V_0 \sin \alpha - gT$

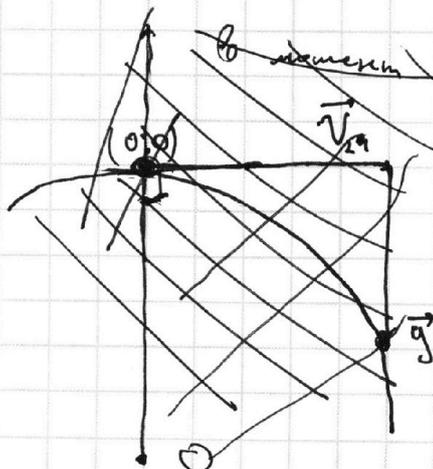
- Ответ: 1. 20 м
2. $20\sqrt{\frac{7}{3}} \approx 30 \text{ м}$
3. $\frac{40}{3} \text{ м} \approx 13,33 \text{ м}$

$t = T = 2c$: $V_2 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$
 $\frac{V_0}{2} = \sqrt{\frac{V_0^2}{4} + (V_0 \sin \alpha - gT)^2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow (V_0 \sin \alpha - gT)^2 = 0$

$V_0 \sin \alpha = gT$

$S_y = V_{0y}T - \frac{gT^2}{2} = V_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2} = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2}$
 $= \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{с}^2}{2} = 20 \text{ м}$

$|\vec{V}_0(T)| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{V_{0x}^2 T^2 + S_y^2} = \sqrt{(V_0 \cos \alpha)^2 T^2 + S_y^2}$
 $= \sqrt{(gT \cot \alpha)^2 T^2 + S_y^2} = \sqrt{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3})^2 \cdot 4 \text{с}^2 + 20 \text{ м}^2} =$
 ~~$= \sqrt{400 \text{ м}^2 + \frac{1600 \text{ м}^2}{3}} = \sqrt{\frac{2800 \text{ м}^2}{3}} = 20\sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м} \approx 30 \text{ м}$~~



~~время 2T указать радиусы по касательной к траектории
 $\frac{V_0}{2} = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$ и указать свободное падение
на время $g = 10 \text{ м/с}^2$
вв. СК (вертикаль)~~

Рассмотрим движение камня как движение по окружности:
 $a_x = 10 \text{ м/с}^2$ | $a_{yc} = \frac{V^2}{R}$
 $V = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м/с}$ | $R = \frac{V^2}{a_{yc}} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{40}{3} \text{ м}$



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.

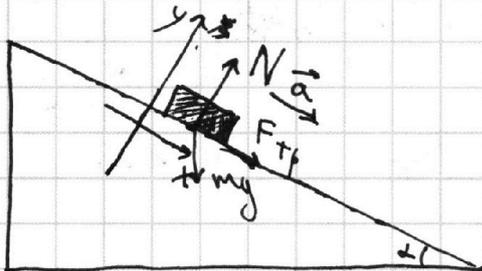
1 2 3 4 5 6 7

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!

Дано:
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $M = 1,5 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Сначала шайба движется вверх:



$$y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

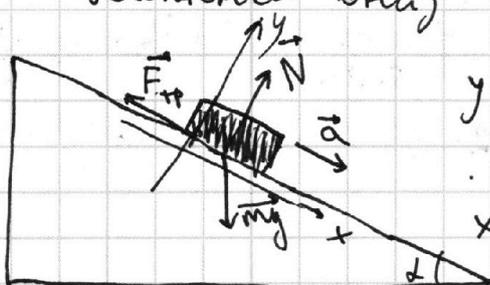
$$x: mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma_1$$

$$mg \sin \alpha + \mu N = ma_1$$

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_1$$

$$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Потом она останавливается и движется вниз



$$y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$x: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_2$$

$$mg \sin \alpha - \mu N = ma_2$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = a_2$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

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

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

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

$$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{9 \text{ м/с}^2}{20 \text{ м/с}^2} = 0,45$$

$$\cos \alpha \approx 0,89 \Rightarrow \mu \approx 0,17$$

В любой момент $N = mg \cos \alpha = mg(1 - \sin^2 \alpha) = 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot$

$$\cdot 0,7921 \approx 4 \cdot 0,89 \text{ Н} = 3,56 \text{ Н}$$

Рассмотрим силы, действующие на клин:

Сила веса шайбы $P = mg \cos \alpha$

Сила реакции опоры $N = Mg$ - по III закону Ньютона

Сила трения о шайбу $\mu mg \cos \alpha$

и сила трения о поверхность

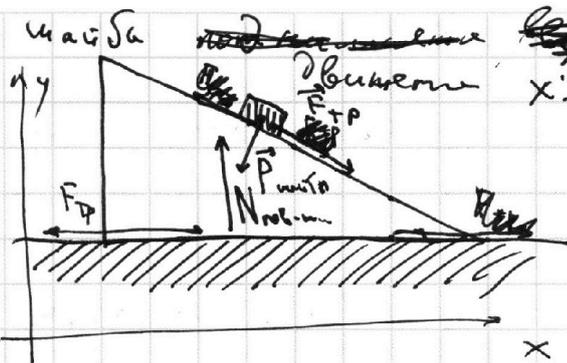
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

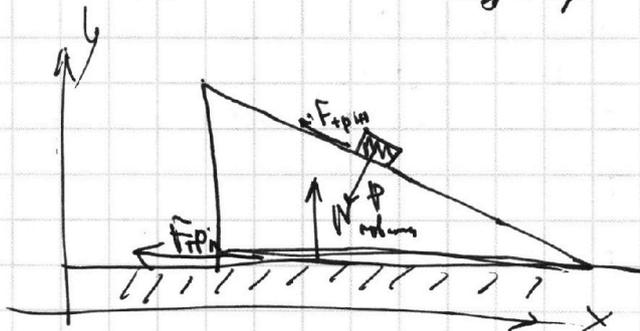
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!



$x: F_{тр} \cos \alpha - P \sin \alpha =$
 $= mg \cos^2 \mu - mg \cos \alpha \sin \alpha$
 $mg \cos \alpha (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) =$
 - берем ~~сумму~~ ~~по~~ ~~направлению~~
 т.е. $\mu N = mg \cos \alpha (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$
 $\mu M g = mg \cos \alpha (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$
 $\mu_{min} = \frac{m}{M} \cos \alpha \cdot \frac{g}{g} = 0,2 \cdot 0,89 \cdot \frac{2}{5} =$
 $= 0,2 \cdot 0,89 = 0,178 \approx 0,18$

масса движется ~~вниз~~ ~~вверх~~



$x: -F_{тр} \cos \alpha + P \sin \alpha =$
 $= -mg \cos \alpha (\cos \mu + \sin \alpha) =$
 - берем ~~сумму~~ ~~по~~ ~~направлению~~ $F_{тр}$
 $-\mu_{min} M g = -mg \cos \alpha (\cos \mu + \sin \alpha)$
 $\mu_{min} = \frac{m}{M} \frac{g}{g} \cdot \cos \alpha =$
 $= \frac{2}{5} \cdot 0,6 \cdot 0,89 = 0,2136$
 так как ~~mu~~ ~~min~~ ~~при~~ ~~движении~~ ~~мало~~ μ_{min} ~~бывает~~ $= 0,2136$

- Ответ: 1. 0,45
 2. 3,56 Н
 3. ~~0,178~~ 0,2136



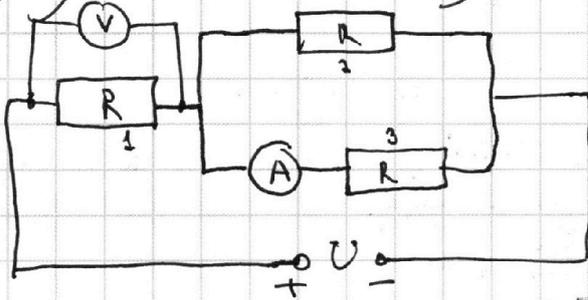
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Перерисуем эквивалентную схему



общее сопротивление цепи $R_0 = R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = 1,5R$

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{2}{3} \frac{U}{R} = \frac{2}{3} \cdot \frac{120\text{В}}{200\Omega} = 0,4\text{А}$$

Определим показания цифровых приборов (или их значения)

$$I_{23} = I_1 = I_0 = 0,4\text{А}$$

$$I_{23} = I_2 + I_3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_2 = U_3 = U_0 \\ R_2 = R_3 = R \end{array} \right. \Rightarrow I_2 = I_3 = \frac{I_{23}}{2} = \frac{0,4\text{А}}{2} = 0,2\text{А}$$

$$I_A = I_3 \text{ (покл. код)}$$

$$I_A = 0,2\text{А}$$

$$P = 4 \cdot I$$

$$P_0 = P_1 + P_2 + P_3 = 4\text{Вт}$$

№ R	I, А	U, В	P, Вт
1	0,4	80	32
2	0,2	40	8
3	0,2	40	8

ответ: 1. 0,4А
2. 0,2А
3. 48 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!

$$t_2 = -20^\circ\text{C}$$

$$m_B = m_A = m$$

$$c_B = 4,2 \cdot 10^3$$

$$c_A = 2,1 \cdot 10^3$$

$$\lambda = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$m = \frac{11}{g}$$

$$\frac{m_{\text{ок}}}{m_{\text{ак}}} = n$$

$$Q_A = Q_B$$

конечная температура $t = 0^\circ\text{C}$ так

и вода и лед участвуют и

поэтому теплообменное

$$c_A m_A \Delta t + \lambda m_{\text{пл}} = m c_B \Delta t$$

$$m c_A (t_0 - t_2) + \lambda m_{\text{пл}} = m c_B (t_1 - t_0)$$

конечная масса воды

$$\frac{m + \delta m}{m + \delta m} = \frac{11}{g}$$

$$\frac{m + \delta m}{m + \delta m} = \frac{11}{g}$$

конечная масса льда

$$9m + 9\delta m = 11m - 11\delta m$$

$$2m = 20\delta m$$

$$\delta = 0,1$$

$$m c_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta m = m \Delta t c_B$$

$$c_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta = c_B t_1 - c_B t_0$$

$$t_1 = \frac{c_A (t_0 - t_2) + \lambda \delta + c_B t_0}{c_B}$$

$$= \frac{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{g} \cdot 20^\circ\text{C} + 336000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,1 + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0^\circ\text{C}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}$$

$$= 18^\circ\text{C}$$

Ответ: 1. 0,1
2. 18°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!

$$400 \cdot 3 + 400 \cdot 4$$

$$400 \cdot 7 = \frac{2800}{3}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 81 \\ \hline 25 \\ 200 \\ \hline 0,2025 \\ 0,7975 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 0,99 \\ 0,12 \\ \hline 178 \\ 69 \\ \hline 1068 \\ 20 \\ \hline 138 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 0,95 \\ 0,95 \\ \hline 475 \\ 855 \\ \hline 0,9025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,95 \\ 0,95 \\ \hline 425 \\ 880 \\ \hline 0,7225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,87 \\ 0,87 \\ \hline 55 \\ 55 \\ \hline 69 \\ \hline 0,7562 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,89 \\ 0,89 \\ \hline 801 \\ 712 \\ \hline 0,7921 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ 3 \\ \hline 0,89 \\ 356 \\ \hline 0,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 0,44 \\ 178 \\ \hline \end{array}$$

$$0,356$$

$$6 = 10 (0,45 + 0,99 \cdot \mu)$$

$$0,6 = 0,45 + 0,9\mu$$

$$0,15 = 0,9\mu$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 0,99 \cdot 0,4 \\ 4 \quad 37 \\ \hline 63,86 \end{array}$$

30

$$\mu = \frac{0,15}{0,9}$$

$$\left(\frac{0,5}{3} \right)$$

$$\frac{1}{6} = 0,166\bar{6}$$

$$\frac{33600}{4200}$$

$$\frac{56}{7} = 8$$

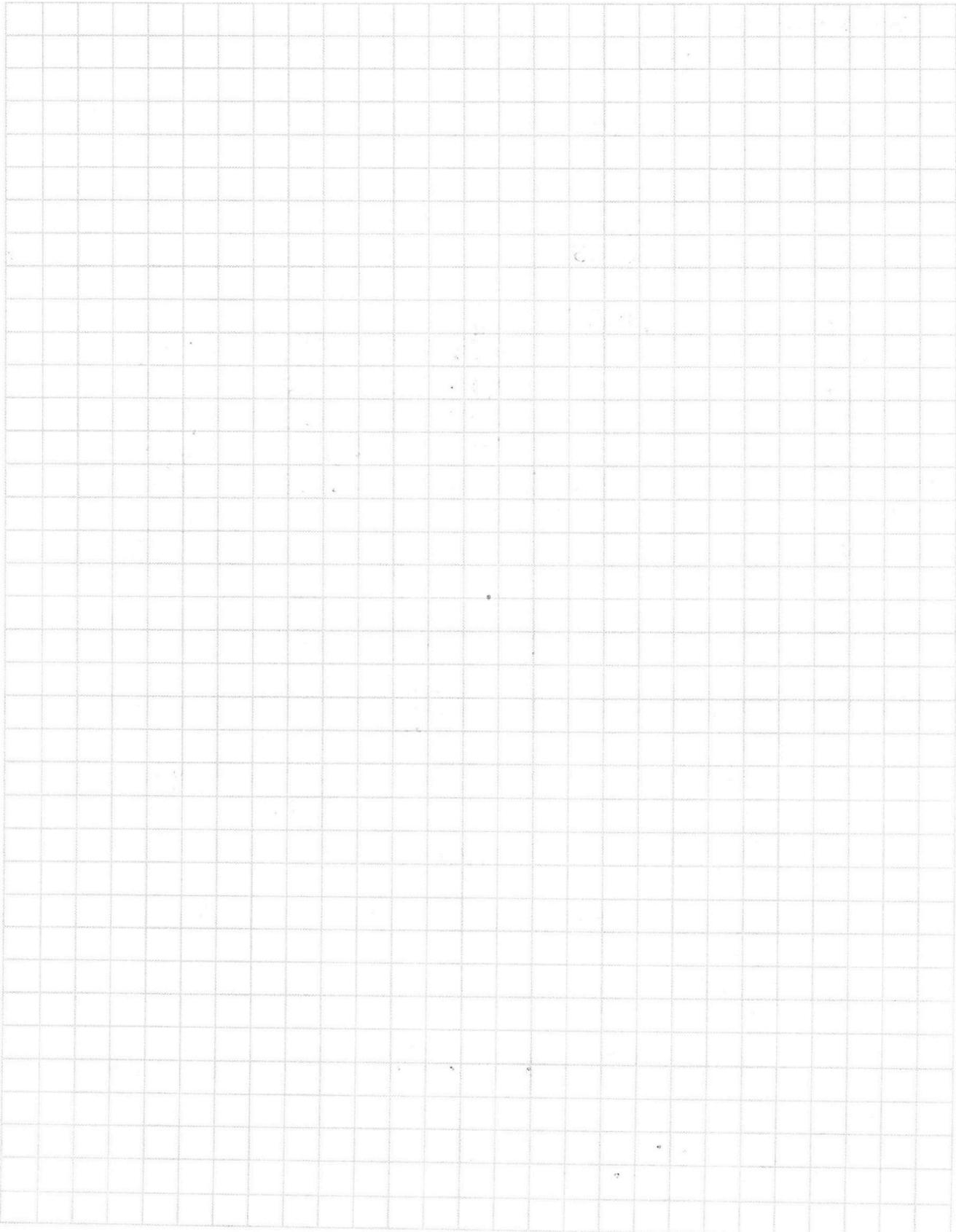


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>						

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!



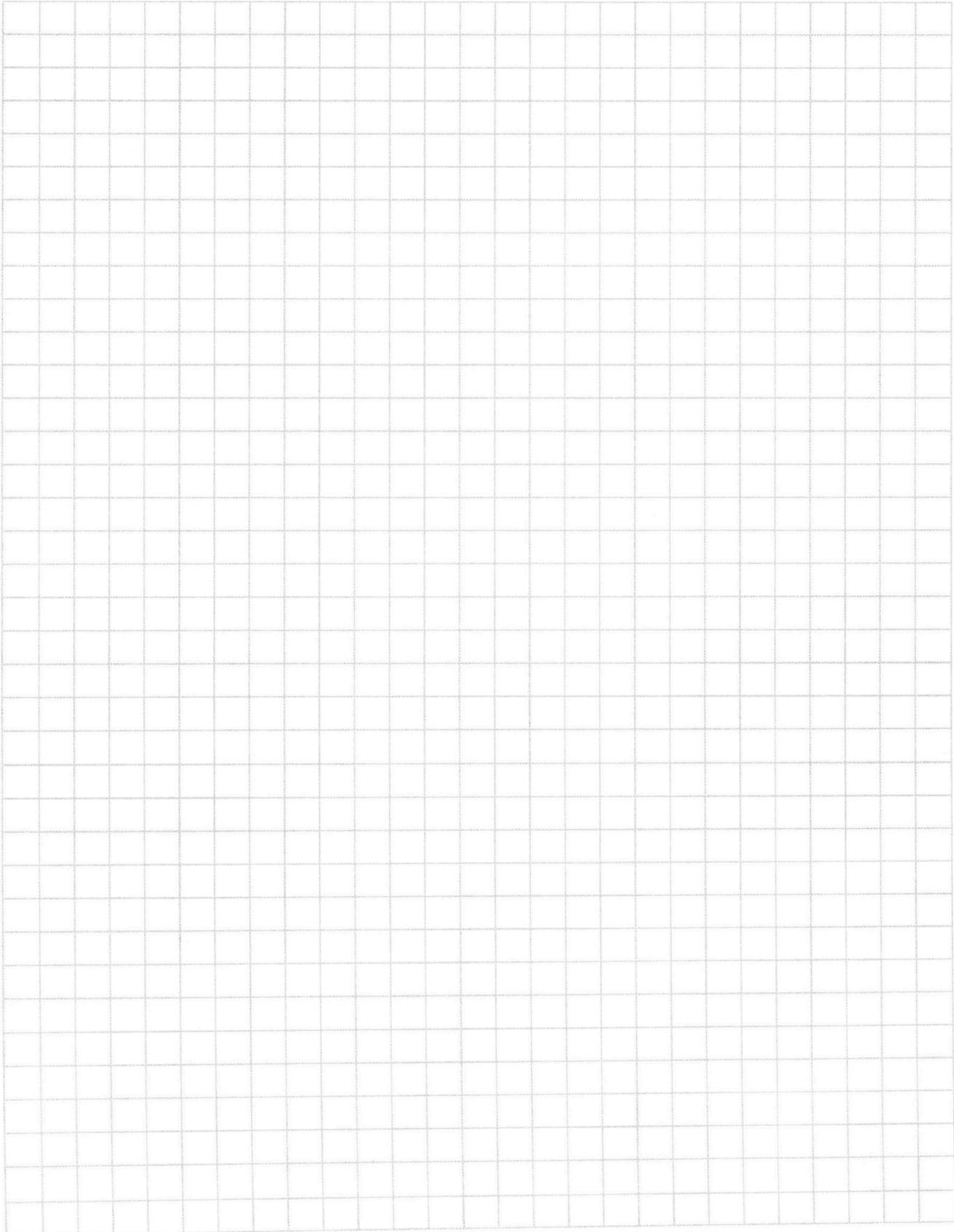


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>						

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!

