



МОСКОВСКИЙ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

ОЛИМПИАДА "ФИЗТЕХ"  
ПО МАТЕМАТИКЕ

11 КЛАСС. Вариант 3



1. [3 балла] Найдите все действительные значения  $x$ , при каждом из которых существует геометрическая прогрессия, состоящая из действительных чисел и такая, что её десятый член равен  $\sqrt{(25x + 34)(3x + 2)}$ , двенадцатый член равен  $2 - x$ , а восемнадцатый член равен  $\sqrt{\frac{25x + 34}{(3x + 2)^3}}$ .

2. [4 балла] Решите систему уравнений

$$\begin{cases} \sqrt{x+6} - \sqrt{3-x-2z} + 7 = 2\sqrt{y-3x-x^2+z}, \\ |y+2| + 2|y-18| = \sqrt{400-z^2}. \end{cases}$$

3. [5 баллов] Найдите все значения параметра  $p$ , при которых уравнение

$$p \cos 3x + 6 \cos 2x + 3(p+4) \cos x + 10 = 0$$

имеет хотя бы одно решение. Решите это уравнение при всех таких  $p$ .

4. [5 баллов] Две окружности  $\omega_1$  и  $\omega_2$  пересекаются в точках  $A$  и  $B$ , а их общая касательная имеет с  $\omega_1$  и  $\omega_2$  общие точки  $C$  и  $D$  соответственно, причём точка  $B$  расположена ближе к прямой  $CD$ , чем точка  $A$ . Луч  $CB$  пересекает  $\omega_2$  в точках  $B$  и  $E$ . Найдите отношение  $ED : CD$ , если диагональ  $AD$  четырёхугольника  $ACDE$  делит отрезок  $CE$  в отношении  $7 : 20$ , считая от вершины  $C$ .
5. [4 балла] Дан клетчатый прямоугольник  $500 \times 120$ . Сколькими способами можно закрасить 8 клеток этого прямоугольника так, чтобы закрасенное множество обладало хотя бы одной из следующих симметрий: относительно центра прямоугольника, относительно любой из двух "средних линий" прямоугольника ("средней линией" прямоугольника назовём отрезок, соединяющий середины двух его противоположных сторон). Ответ дайте в виде выражения, содержащего не более трёх членов (в них могут входить факториалы, биномиальные коэффициенты).
6. [4 балла] Найдите все тройки целых чисел  $(a; b; c)$  такие, что:
- $a < b$ ,
  - число  $b - a$  не кратно 3,
  - число  $(a - c)(b - c)$  является квадратом некоторого простого числа,
  - выполняется равенство  $a^2 + b = 1000$ .
7. [6 баллов] В основании призмы лежит равносторонний треугольник площади 4. Площади её боковых граней равны 6, 6 и 5. Найдите объём призмы.

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!

### Задача 1

Обозначим десятый член -  $d$ , а знаменатель  
исходной прогрессии -  $a$ . Тогда

$$d = \sqrt{(25x+34)(3x+2)}$$

$$da^2 = 2-x$$

$$da^8 = \sqrt{\frac{25x+34}{(3x+2)^3}}$$

откуда

$$\left(\sqrt{(25x+34)(3x+2)}\right)^3 \cdot \sqrt{\frac{25x+34}{(3x+2)^3}} = d^3 \cdot da^8 = (da^2)^4 =$$

$$=(2-x)^4$$

$$\sqrt{(25x+34)^4} = (2-x)^4 \Leftrightarrow (25x+34)^2 = (2-x)^4 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow ((2-x)^2 + 25x + 34)((2-x)^2 - 25x - 34) = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (x^2 - 4x + 4 + 25x + 34)(x^2 - 4x + 4 - 25x - 34) = (x^2 + 21x + 38).$$

$$\cdot (x^2 - 29x - 30) = (x+2)(x+19)(x+1)(x-30) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x \in \{-19; -2; -1; 30\}$$

Но ещё необходимо, чтобы  $3x+2 \neq 0, (25x+34)(3x+2) \geq 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} x < -\frac{34}{25} \\ x > -\frac{2}{3} \end{cases} \Rightarrow x \in \{-19; -2; 30\}$$

Ответ:  $\{-19; -2; 30\}$



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!

### Задача 3

$$p \cos^3 x + 6 \cos 2x + 3(p+4) \cos x + 10 = 0$$

$$p(4 \cos^3 x - 3 \cos x) + 6(2 \cos^2 x - 1) + 3p \cos x + 12 \cos x + 10 = 0$$

$$4p \cdot \cos^3 x + 12 \cos^2 x - 3p \cos x + 3p \cos x + 12 \cos x - 6 + 10 = 0$$

$$4p \cdot \cos^3 x + 12 \cos^2 x + 12 \cos x + 4 = 0$$

$$p \cdot \cos^3 x + 3 \cos^2 x + 3 \cos x + 1 = 0 \quad (\text{Заметим, что } \cos x \neq 0)$$

$$(p-1) \cdot \cos^3 x + (\cos x + 1)^3 = 0$$

$$1-p = \left( \frac{\cos x + 1}{\cos x} \right)^3 \Leftrightarrow \sqrt[3]{1-p} = 1 + \frac{1}{\cos x} \Leftrightarrow \frac{1}{\cos x} = \sqrt[3]{1-p} - 1 \quad (*)$$

1. Если  $\sqrt[3]{1-p} - 1 = 0$ , то  $1-p=1 \Leftrightarrow p=0$ , решений  $(*)$  нет.

2. Если  $\sqrt[3]{1-p} - 1 \neq 0$ , то  $(*) \Leftrightarrow \cos x = \frac{1}{\sqrt[3]{1-p} - 1}$ .

Для каждого значения  $p$  решение  $x$  существует,

если  $-1 \leq \cos x \leq 1$ ,

$$-1 \leq \frac{1}{\sqrt[3]{1-p} - 1} \leq 1 \Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt[3]{1-p} - 1 \leq -1 \\ \sqrt[3]{1-p} - 1 \geq 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 1-p \leq 0 \\ 1-p \geq 8 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} p \leq -7 \\ p \geq 1 \end{cases}$$

$$\cos x = \frac{1}{\sqrt[3]{1-p} - 1} \Leftrightarrow x = \pm \arccos \left( \frac{1}{\sqrt[3]{1-p} - 1} \right) + 2\pi k, k \in \mathbb{Z}$$

Ответ:  $\pm \arccos \left( \frac{1}{\sqrt[3]{1-p} - 1} \right) + 2\pi k$ , при  $k \in \mathbb{Z}$ ,  $p \in (-\infty; -7] \cup$

$\cup [1; +\infty)$



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!

### Задача 5

1. Если множество клеток  $M$  переходит в себя при симм. отн. горизонтальной средней линии (обозначим это пр.-е  $S_1$ ) и переходит в себя при симм. отн. вертикальной средней линии (обозначим это пр.-е  $S_2$ ), то оно центрально симметрично (обозначим это пр.-е  $R$ ). Это так, поскольку  $S_1 \circ S_2 = S_2 \circ S_1 = R$ . А ещё, раз  $S_1 = S_1^{-1}$  и  $S_2 = S_2^{-1}$ , верен такой факт: если  $M$  переходит в себя при двух преобразованиях из набора  $S_1, S_2, R$ , то и при третьем  $M$  перейдёт в  $M$ .

2. Вычислить количество  $N$  таких множеств можно с помощью формулы включения - исключения:

~~$\# M: S_1(M) = M$~~   ~~$\# M: S_2(M) = M$~~   ~~$\# M: R(M) = M$~~  Если  $S_1, S_2, R$  - биекции, то это  $\# M: S_1(M) = M$  - это кол-во способов выбрать 4 пары из всех  $\frac{120 \cdot 500}{2}$  пар образ-образ. Аналогично  $\# M: S_2(M) = M = \frac{120 \cdot 500}{2}$ . Значит  $N = C_{30000}^4 + C_{30000}^4 - C_{30000}^4 = C_{30000}^4$ . Ответ:  $C_{30000}^4$ .

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!

### Задача 6

$$1. a < b \Rightarrow a - c < b - c \quad \left[ \begin{array}{l} a - c = 1, b - c = p^2 \\ (a - c) \cdot (b - c) = p^2 \end{array} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} a - c = -p^2, b - c = -1 \end{array} \right. \right]$$

$$\Rightarrow \left[ \begin{array}{l} b - a = p^2 - 1 \\ b - a = -1 + p^2 = p^2 - 1 \end{array} \right. \Rightarrow p^2 - 1 \not\equiv 3 \quad (p - \text{обозначение простого числа из условия})$$

2. Но если  $p \equiv 3$ , то  $p^2 \equiv 1$ , что не так. Значит

$$p \equiv 3 \Rightarrow p = 3 \Rightarrow b - a = 8$$

~~Если  $a \not\equiv 0$ , то  $a^2 + b \equiv b \equiv 1000 \equiv 1$ , откуда  $b - a \equiv 1 - 0 \equiv 1 \not\equiv 8$ , противоречие.~~

$$3. \text{ Или } a^2 + b = a^2 + a + (b - a) = a^2 + a + 8 = 1000 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a^2 + a - 992 = 0 \Leftrightarrow a = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 4 \cdot 992}}{2} = \frac{-1 \pm \sqrt{3969}}{2} = \frac{-1 \pm 63}{2} = \frac{-1 \pm 9\sqrt{49}}{2} = \frac{-1 \pm 63}{2} \Rightarrow \begin{cases} a = -32 \\ a = 31 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b = -24 \\ b = 39 \end{cases}$$

$$4. \text{ Из п. 1: } \begin{cases} c = a - 1 \\ c = b + 1 \end{cases}$$

Ответ:  $\{(-32; -24; -33); (-32; -24; -23); (31; 39; 30); (31; 39; 40)\}$

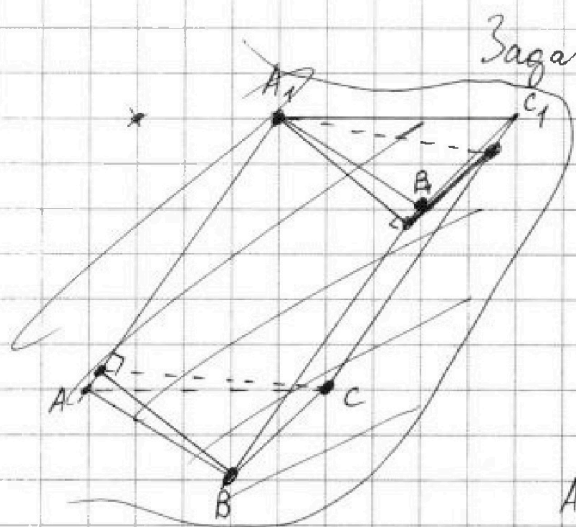
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



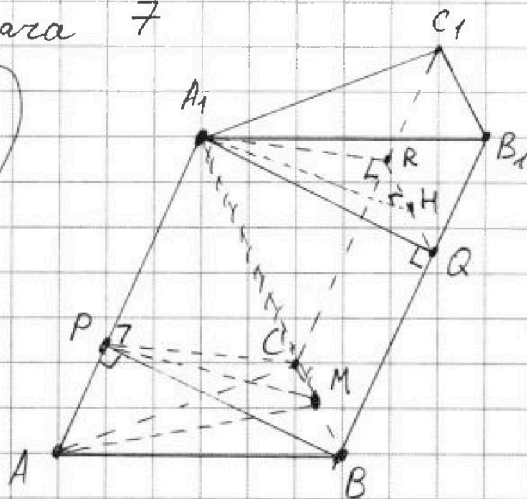
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА 1 ~~5~~ ИЗ ~~8~~ 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!



Задача 7



1. Обозначим вершины так, что  $S_{AA_1B_1B_1} = S_{AA_1C_1C_1} = 6$ . Тогда, раз  $S_{AA_1B_1B_1} = S_{AA_1C_1C_1}$  высоты в гранях из  $B_1C_1$  на  $AA_1$  равны, а углы попадают в одну точку  $P$  такую, что  $AP^2 = AB^2 - \left(\frac{6}{AA_1}\right)^2 = AC^2 - \left(\frac{6}{AA_1}\right)^2$ . Значит прямая  $AA_1$  лежит в плоскости  $\alpha$ , перпендикулярной  $BC$  и проходящей через середину  $BC$ , то есть вся призма симметрична отн.  $\alpha$ . Высоты в гранях из  $A_1$  на  $CC_1$  и  $BB_1$  обозначим  $A_1R$  и  $A_1Q$ .

2. Весь объём  $V$  призмы равен сумме объёмов

$$V = V_{ABCP} + V_{PCBA_1RQ} + V_{RQB_1C_1A_1} = \frac{1}{3} AP \cdot S_{PCB} + (AA_1 - AP) \cdot$$

$$\cdot S_{PCB} + \frac{1}{3} \cdot AA_1 \cdot RQ \cdot B_1Q = \frac{1}{3} AP \cdot S_{PCB} + AA_1 \cdot S_{PCB} + AP \cdot S_{PCB} +$$

$$+ \frac{1}{3} \cdot 2 S_{PCB} \cdot AP = AA_1 \cdot S_{PCB} ; H = RQ \perp \alpha.$$



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  
~~26~~ из ~~26~~

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!

Отметим также, что  $BF, CP \perp AA_1 \Rightarrow BC \perp BB_1$ ;

$PM \perp BC$ , где  $M$  - середина  $BC$ . Значит  $BC \cdot AA_1 = 5$ .

$$3. V = AA_1 \cdot S_{PCB} = \frac{5}{BC} \cdot \frac{PM \cdot BC}{2} = 2,5 \cdot PM =$$

$$= 2,5 \cdot \sqrt{PB^2 - BM^2} = 2,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{6}{AA_1}\right)^2 - \left(\frac{5 \cdot 1}{AA_1 \cdot 2}\right)^2} = 2,5 \cdot \frac{BC}{5} \cdot$$

$$\cdot \sqrt{36 - 6,25} = \frac{BC}{2} \cdot \sqrt{\frac{12^2 - 5^2}{4}} = \frac{BC}{4} \cdot \sqrt{144 - 25} =$$

$$= \frac{BC}{4} \cdot \sqrt{119}$$

$$4. \frac{BC^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = 4 \Rightarrow BC^2 = \frac{16}{\sqrt{3}} \Rightarrow BC = \frac{4}{\sqrt{3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \frac{\sqrt{119}}{\frac{4}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{119\sqrt{3}}{3}}$$

Ответ:  $\sqrt{\frac{119\sqrt{3}}{3}}$



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

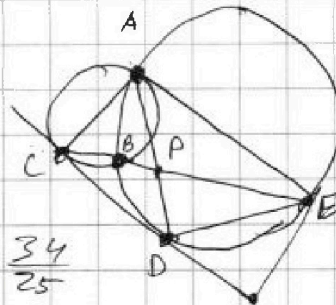
СТРАНИЦА  
\_\_\_ ИЗ \_\_\_

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!

$$AE \stackrel{?}{=} AD$$

$$a-c = -1 \quad (da^{10}) \quad b-a = 1$$

$$b-c = -p^2 (da^{10}) \cdot a^2$$

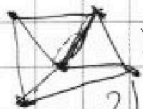


$A^2 \neq AE$

1)  $a \geq 0, b \geq 1$

$$\begin{cases} a-c = -1 \\ b-c = -p^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow p^2 = 0 \Rightarrow p = 0$$



2)  $a \neq 0, b = 0$

$$a-c = -1$$

$$b-c = -p^2$$



$a = 2, b = 0$

$$b-a+2 = mp^2 \Rightarrow p = 3$$

$$c = 2$$

$$-p^2 = -9$$

$$f(x) = p \cos^3 x + 3 \cos^2 x + 3 \cos x + 1$$

$$f(1) = p + 7$$

$$f(-1) = 1 - p$$

$$9.441 = 9$$

$$3600 + 360 + 9$$

$$4000 + 1 - 32 = (p-1) \cos^3 x + (\cos x + 1) = 0$$

$$= 4000 - 31 = 3969$$

$$1-p = \frac{(\cos x + 1)^3}{\cos x} = \sqrt[3]{1-p} = 1 + \cos x$$

$$\frac{1323}{12}$$

$$\frac{11}{12} \quad \frac{441}{9}$$

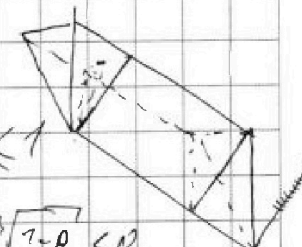
$$\frac{36}{3} \quad \frac{49}{3}$$

$$\frac{49}{3}$$

$$1) \sqrt[3]{1-p} - 1 > 0$$

$$\sqrt[3]{1-p} - 1 > 0 \Rightarrow 1-p > 1 \Rightarrow p < 0$$

$$\sqrt[3]{1-p} - 1 \leq -1 \Rightarrow 1-p \leq -1 \Rightarrow p \geq 2$$



$$\sqrt[3]{1-p} \leq 0 \Rightarrow p \geq 1$$

$$-7 \geq p$$

$$p \geq 1$$





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!

$\cos 60 = \frac{1}{2}$   
 $\cos 90 = 0$   
 $\cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$4 \cos^3 x - 3 \cos x = \dots$   
 $4 \cdot \frac{3\sqrt{3}}{8} - \frac{3\sqrt{3}}{2} = \dots$

$2 \cos^2 x - 1$   
 $2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 1 = \frac{3}{2} - 1 = \frac{1}{2}$   
 $a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2}$   
 $a^2 = \frac{16}{\sqrt{3}}$   
 $a = \frac{4}{\sqrt{3}}$

$36 - 25 = 11$   
 $\frac{1}{2}(2+0) = \dots$

$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$   
 $\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta$

$2 \sin \alpha \cos \beta = \sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)$

$\sin x \cos 3x = \sin(4x) - \sin 2x + 6 \sin 3x$

$a - c = 1$   
 $b - c = p^2$   
 $p^2 = 1/3$   
 $p = 1/3$

$a_i \cos p_i$   
 $1 - p < 0$   
 $1 - p > 8$

$4p \cos^3 x - 3p \cos x + 2 \cos^2 x - 6 + 3(p+4) \cos x + 10 = \dots$

$2t^4 = pt^3 + 3t^2 + 3t + 1 = 0$   
 $da^8 f'(A) = 3pt^2 + 6t + 3$

$d^3 \cdot da^8 = (da^2)^4 pt^2 + 2t + 1$   
 $da^4 = \sqrt{(25x + 34)^4} = (2-x)^2$

$p \cdot \cos^3 x + 3 \cos^2 x + 3 \cos x + 3 = (2-x)^2$

$p \cdot \cos^3 x + (\cos x + 1)^3 - \cos^3 x = \frac{(x-2)^2}{(p-1) \cos^3 x} + \frac{25}{(\cos x + 1)^3} = 0$

$p - 1 = - \left(1 + \frac{1}{\cos x}\right)^3$   
 $3t(p-1)$

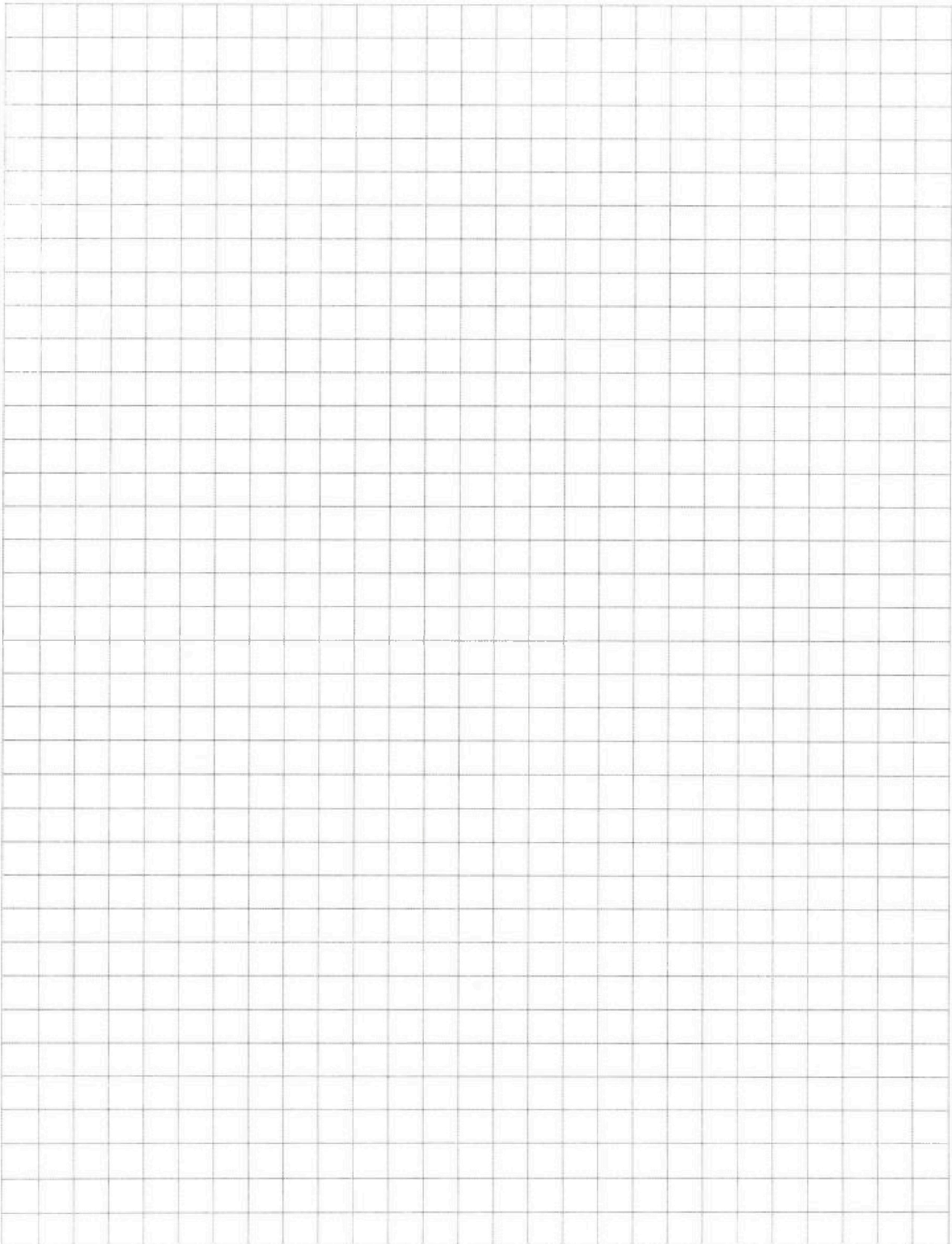


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

