



МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

ОЛИМПИАДА "ФИЗТЕХ"
ПО МАТЕМАТИКЕ

10 КЛАСС. Вариант 10



1. [4 балла] Натуральные числа a , b , c таковы, что ab делится на $2^{15}7^{11}$, bc делится на $2^{17}7^{18}$, ac делится на $2^{23}7^{39}$. Найдите наименьшее возможное значение произведения abc .
2. [4 балла] Известно, что дробь $\frac{a}{b}$ несократима ($a \in \mathbb{N}$, $b \in \mathbb{N}$). На доске записана дробь

$$\frac{a+b}{a^2-7ab+b^2}.$$

При каком наибольшем m могло оказаться, что числитель и знаменатель дроби можно сократить на m ?

3. [4 балла] Центр окружности ω лежит на окружности Ω , хорда AB окружности Ω касается ω в точке C так, что $AC : CB = 17 : 7$. Найдите длину AB , если известно, что радиусы ω и Ω равны 7 и 13 соответственно.
4. [5 баллов] Решите уравнение

$$\sqrt{3x^2 - 6x + 2} - \sqrt{3x^2 + 3x + 1} = 1 - 9x.$$

5. [5 баллов] На координатной плоскости дан параллелограмм с вершинами в точках $O(0;0)$, $P(-13;26)$, $Q(3;26)$ и $R(16;0)$. Найдите количество пар точек $A(x_1; y_1)$ и $B(x_2; y_2)$ с целыми координатами, лежащих в этом параллелограмме (возможно, на границе) и таких, что $2x_2 - 2x_1 + y_2 - y_1 = 14$.
6. [5 баллов] Найдите все значения параметра a , для каждого из которых найдётся значение параметра b , при котором система

$$\begin{cases} ax + y - 8b = 0, \\ (x^2 + y^2 - 1)(x^2 + (y - 12)^2 - 16) \leq 0 \end{cases}$$

имеет ровно 2 решения.

7. [6 баллов] Треугольник ABC вписан в окружность. Пусть M – середина той дуги AB описанной окружности, которая не содержит точку C ; N – середина той дуги AC описанной окружности, которая не содержит точку B . Найдите расстояние от вершины A до центра окружности, вписанной в треугольник ABC , если расстояния от точек M и N до сторон AB и AC соответственно равны 5 и 2,5.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\nu_p(x) = 0$ то максимальное $t \in \mathbb{Z}$ и то $x = p^t$.

$$\nu_7(abc) = \nu_7(a) + \nu_7(b) + \nu_7(c). \text{ Но по условию } \nu_7(abc) = \nu_7(a) + \nu_7(c) \geq 39$$

$$\text{Значит } \nu_7(abc) \geq \nu_7(ac) \geq 39.$$

$$\nu_2(ab) \geq 15; \nu_2(bc) \geq 17; \nu_2(ac) \geq 23 \text{ по условию.}$$

$$\nu_2(abc) = \nu_2(a) + \nu_2(b) + \nu_2(c) = \frac{\nu_2(ab) + \nu_2(ac) + \nu_2(bc)}{2} \geq \frac{15 + 17 + 23}{2} \geq \frac{55}{2} = 27.5$$

$$\text{Т.к. } \nu_2(abc) \in \mathbb{Z}, \text{ то } \nu_2(abc) \geq 28.$$

$$\begin{cases} \nu_7(abc) \geq 39 \\ \nu_2(abc) \geq 28 \end{cases} \Rightarrow abc \geq 2^{28} 7^{39}, \text{ пример когда } abc = 2^{28} 7^{39}.$$

$$\begin{cases} a = 2^{11} 7^{11} \\ b = 2^5 7^0 \\ c = 2^{12} 7^{28} \end{cases}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Пусть p — простое число $\neq 3$ и $\begin{cases} a+b \equiv 0 \\ a^4 - 7ab + b^4 \equiv 0 \end{cases}$

$$a^4 - 7ab + b^4 = (a+b)^4 - 9ab,$$

$$a+b \equiv 0; (a+b)^4 - 9ab \equiv 0 - 9ab \equiv 0 \Rightarrow \text{т.к. } p \neq 3, \text{ то } \begin{cases} a \equiv 0 \\ b \equiv 0 \end{cases}, \text{ т.к. } a+b \equiv 0,$$

то $a:p$ и $b:p$, тогда $\frac{a}{b}$ сократима, чего не может быть,
значит m не кратно простому кроме 3, значит $m=3^k$

$$\text{Пусть } k \geq 3, \text{ тогда } a+b : 3^3, (a+b)^4 : 3^6, \text{ что бы } (a+b)^4 - 9ab : 3^3,$$

$$\text{надо что бы } -9ab : 3^3 \Rightarrow \begin{cases} a : 3 \\ b : 3 \end{cases}, \text{ т.к. } a+b : 3, \text{ то } \begin{cases} a : 3 \\ b : 3 \end{cases}, \text{ значит } \frac{a}{b} \text{ сократима}$$

$$\text{значит } k \leq 2, \text{ и } m \leq 3^2 = 9.$$

Пример на $m=9$: $a=4$; $b=5$:

$$\frac{a+b}{a^4 - 7ab + b^4} = \frac{9}{16 - 140 + 25} = \frac{9}{-99} = -\frac{1}{11}$$

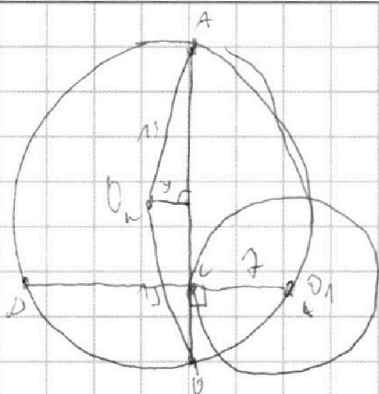
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



O_1 - центр D_1 ; O_2 - центр D_2

$$D = O_1 \cap D_2 \cap D_1$$

Пусть $AB = 24 \cdot x$.

Пусть y - расстояние от O_2 до AB , то T - точка пересечения

$$y^2 = 13^2 - \left(\frac{AB}{2}\right)^2 = 13^2 - (12x)^2$$

$$CD = 2 \cdot y + 7 \text{ т.к. } O_1 D \perp AB.$$

$$\text{т.к. } AO_1 \perp D \text{ отсюда, то } 17x \cdot 7x = 7 + (2y + 7) \Rightarrow 17x^2 = 2\sqrt{13^2 - 12x^2} + 7$$

$$\text{Если } x \geq 1, \text{ то } 17 = 2 \cdot \sqrt{13^2 - 12x^2} + 7 = 2 \cdot \sqrt{5^2} + 7 = 10 + 7$$

$$\text{Если } x < 1, \text{ то } 17x^2 < 17 = 2 \cdot \sqrt{13^2 - 12x^2} + 7 < 2\sqrt{13^2 - 12x^2} + 7$$

$$\Rightarrow x \geq 1$$

$$\text{Если } x > 1, \text{ то } 17x^2 > 17 = 2 \cdot \sqrt{13^2 - 12x^2} + 7 > 2\sqrt{13^2 - 12x^2} + 7 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x \leq 1$$

$$\text{Значит: } x = 1, \text{ и } AB = 24.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

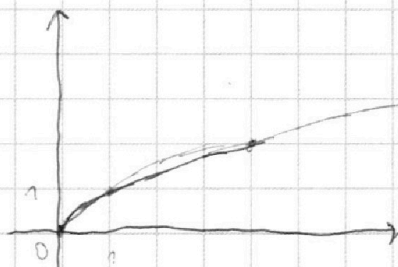
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$Q = 3x^2 + 3x + 1; P = 1 - 9x$$

$$P = \sqrt{Q+P} - \sqrt{Q}$$

$$f(x) = \sqrt{x}, (Q+P) - (Q) = f(Q+P) - f(Q) =$$



$\Rightarrow Q, P$ — координаты по O_x точек пересечения $y = \sqrt{x}$ и прямой с угловым коэффициентом 1. Тогда $Q \in [0; 1]$

$$1) P \in [0; 1] \Rightarrow 1 - 9x \in [0; 1] \Rightarrow x \in \left[\frac{0}{9}; \frac{1}{9} \right] \quad \{P \in [0; 1]\}$$

$$2) Q \in [0; 1], \forall Q > 0 \text{ т.к. } Q = 3x^2 + 3x + 1, 3x^2 + 3x + 1 \leq 1 \Rightarrow 3x(x+1) \leq 0 =$$

$$\Rightarrow x \in [-1; 0]$$

$$3) \Rightarrow x \in \left[0; \frac{1}{9} \right] \cap [-1; 0] = \{0\}, \text{ проверка при } x=0:$$

$$\sqrt{3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 0 + 1} - \sqrt{0} = 1$$

$$2) P+Q \in [0; 1]: \text{ тогда } P+Q = 3x^2 - 6x + 2 = (\sqrt{3}x - \sqrt{3})^2 - 1 = (\sqrt{3}x - \sqrt{3} - 1) \cdot$$

$$(\sqrt{3}x - \sqrt{3} + 1), P+Q+1 = 3x^2 - 6x + 3 = (\sqrt{3}x - \sqrt{3} - 1)(\sqrt{3}x - \sqrt{3} + 1)$$

$$\Rightarrow x \in \left[\frac{-\sqrt{3}-1}{\sqrt{3}}, \frac{-\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}} \right] \cup \left[\frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{3}}, \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}} \right]$$

$\leftarrow -1$

$$\Rightarrow x \in \left[\frac{-\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}, \frac{-\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}} \right]$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐

МФТИ

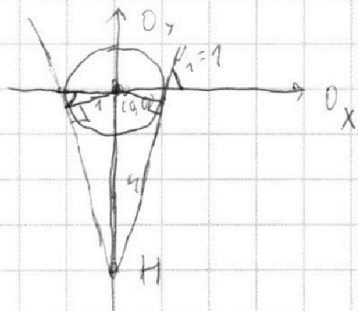
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

продолжение пункта 3.а):

Т.к. окружности одного радиуса, то такая точка ~~существует~~
существует. ~~$O_1 = (0, 0)$~~ $O_1 = (0, 0)$; $O_2 = (0, 4)$; $R_1 = 1$; $R_2 = 4$.

Пометим при которой $\omega(O_1, P_1) \rightarrow \omega(O_2, P_2)$ имеет
положительный коэффициент $\frac{R_2}{R_1}$ и центр в точке
 H на прямой $O_1 O_2$, что $\frac{O_1 H}{O_2 H} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow H = (0, -4)$, угол между

касательными $O_1 O_2 = \frac{1}{2} \pi \cos \alpha$ тогда угол между касательной



и ось $Ox = \frac{R_1}{R_2} \pm \cos \alpha$
и угловой коэффициент прямой $= \pm \frac{R_1}{R_2} \pm \cos \alpha$
или $= \pm \frac{1}{1} \pm \frac{4}{\sqrt{15}} = \pm \sqrt{15}$

б) внутренняя касательная, тогда коэффициент $\omega(O_1, P_1) \rightarrow \omega(O_2, P_2)$

$= -\frac{R_2}{R_1}$, и центр в точке H , $H \in O_1 O_2$, что $\frac{O_1 H}{O_2 H} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow H = (0, \frac{4}{5})$
Тогда угловой коэффициент прямой $= \pm \frac{1}{5}$
 $= \pm \sqrt{\left(\frac{4}{5}\right)^2 - 1} = \pm \frac{\sqrt{16 - 25}}{5} = \pm \frac{\sqrt{-9}}{5} = \pm \frac{3i}{5}$

или угловой коэффициент прямой $\alpha \in \left\{ \pm \sqrt{15}, \pm \frac{\sqrt{149}}{5} \right\} \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha \in \left\{ \pm \sqrt{15}, \pm \frac{\sqrt{149}}{5} \right\}$.

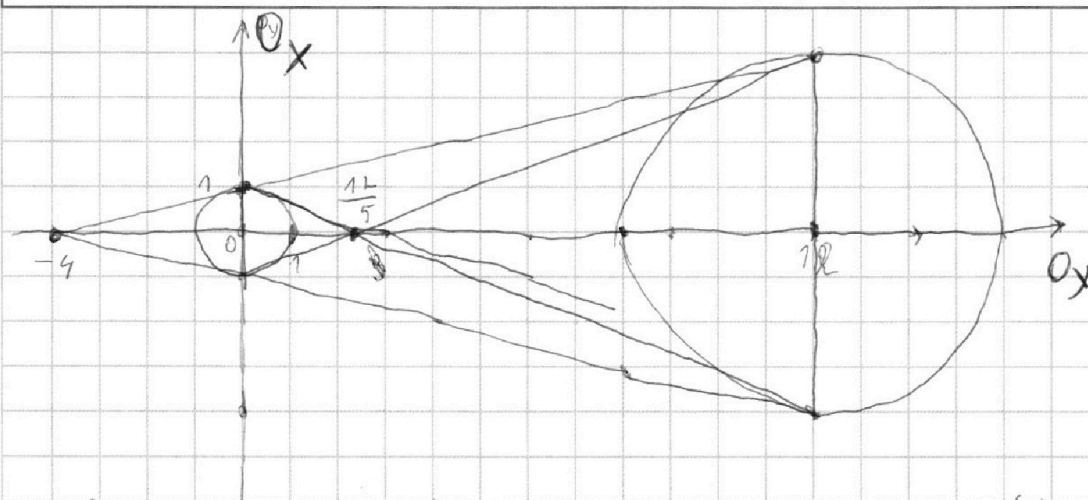
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Рассмотрим ГМТ (x, y) , что $\text{нер-во } (x^2 + y^2 - 1) / (x^2 + (y - 1)^2 - 1) \leq 0$ выполняется:

а) $(x^2 + y^2 - 1) \leq 0 \Leftrightarrow x^2 + y^2 \leq 1$ - это уравнение ^{круга} $\omega(0, 0, 1)$.

б) $(x^2 + (y - 1)^2 - 1) \leq 0$ - это уравнение круга $\omega(1, 1, 1)$.

Отметим их на рисунке выше (верт. ось - O_y ,

горизонтальная - O_x). Заметим, что нер-во выполняется для каждой точки внутри или на границе обоих кругов.

2) $ax + y - 1 = 0 \Leftrightarrow y = -ax + 1$ - это уравнение прямой.

3) Для выполнения условия необходимо, чтобы пересечение прямой и кругов было в 2 точках. Значит прямая должна касаться обоих кругов. Теперь найдем все касательные:

а) Внешние касательные: они проходят через центр гомотетии, которая переводит одну окружность в другую то с положительным и коэффициентом,

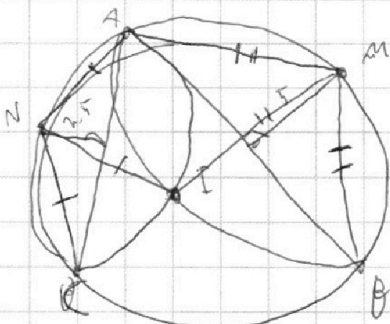
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\text{по } T, O \text{ Требуется } \begin{cases} AN = NI = CN \\ AN = MI = BM \end{cases}$$

Сведем симметрию отн. AI . $M \rightarrow M'$

Т.к. $\omega(N, NA) \cap \omega(M, MA) = \{A, I\}$, то $\{M, N\} \subset \text{сфер. } AI$.

D - сфер. AI . $S = AC \cap DN$, H_N - осн.

перп. из N на AC , H_M - осн. перп. из M на

AB . $H_M \rightarrow H_M'$ после сим. Т.к. AI - биссектр. $\angle A$, то $AB \rightarrow AC$.

Пусть изначально $DS = x \cdot AS$, тогда найдем

такие y , что $SN = y \cdot AS$ и не противоречит условию.

$$\left(\begin{aligned} \triangle SNH_N &\sim \triangle SM'H_M' \\ \frac{M'H_M'}{N'H_N} &= \frac{y}{x} = 2 \end{aligned} \right) \Rightarrow SM' = 2 \cdot y \cdot AS. \quad \begin{cases} \angle ADS = 90^\circ = \angle SH_NN \\ \angle DSA = \angle NSH_N \end{cases} \Rightarrow \triangle ADS \sim \triangle NH_N S$$

$$\text{значит } SH_N = H_N H_M' = x \cdot y \cdot AS. \quad \text{так как } AH_N = H_N C \Rightarrow H_M' C = AS.$$

$$\begin{aligned} \text{Т.к. } AN \text{ - диаметр, то } AC \cap NM = S, \text{ то } AS \cdot SC = MS \cdot NS = AS \cdot SA. \\ = AS \cdot (2 \cdot x \cdot y \cdot AS + AS) = (y \cdot AS) \cdot (2 \cdot (x + y) \cdot AS) \quad | : AS^2 \end{aligned}$$

$$2xy + 1 = y \cdot 2(x + y) = 2xy + 2y^2 \quad | - 2xy \quad 1 = 2y^2 \Rightarrow y = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\triangle ADS \sim \triangle NH_N S \Rightarrow AP = NH_N \cdot \frac{1}{y} = 2.5 \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}}} = 2.5 \cdot \sqrt{2} = \frac{AI}{2} \Rightarrow AI = 5\sqrt{2}$$



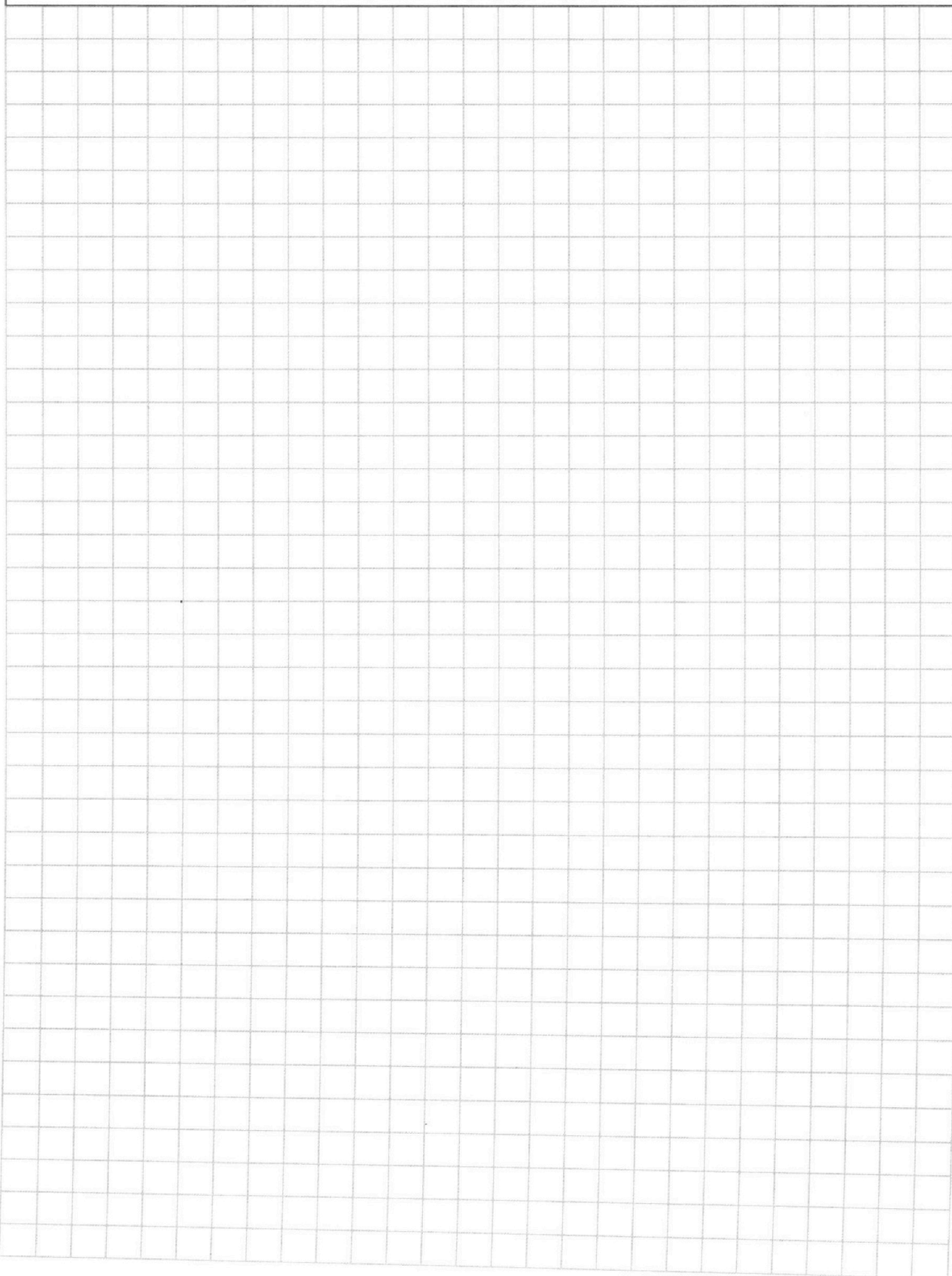
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$3x^2 + 4x + 1 \leq 1 \Rightarrow$$

$$4 + 4 + 4 + \dots + 5 + 6$$

$$3x^2 + 4x = 3x^2 - 3x(x+1) \leq 0$$

$$x \in [-1; 0]$$

$$F(x) = y_i \cdot y \cdot L(x+y) = 2xy + 1$$

$$2xy + 2y^2 = 2xy + 1$$

$$2y^2 = 1 \Rightarrow y = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$AI = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{AI \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}}{2} = 0.5$$

$$AI = 5\sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$y = 13 - 11x^2$$

$$17x \cdot 17x = 7 \cdot (7 + 17x)$$

$$17x^2 = 7 + 2 \cdot \sqrt{17} - 17x^2$$

$$P = 1 - 9x$$

$$Q = 3x^2 + 3x + 1$$

$$P = \sqrt{Q + P} - \sqrt{Q}$$

