



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  $\omega$  лежит на окружности  $\Omega$ , хорда  $AB$  окружности  $\Omega$  касается  $\omega$  в точке  $C$  так, что  $AC : CB = 17 : 7$ . Найдите длину  $AB$ , если известно, что радиусы  $\omega$  и  $\Omega$  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
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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



N1

$$\left. \begin{aligned} ab &= 2^{15} \cdot 7^{11} \\ bc &= 2^{17} \cdot 7^{18} \\ ac &= 2^{23} \cdot 7^{33} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} ab &= k \cdot 2^{15} \cdot 7^{11} \\ bc &= p \cdot 2^{17} \cdot 7^{18} \\ ac &= q \cdot 2^{23} \cdot 7^{33} \end{aligned}$$

$$(abc)^2 = k p q \cdot 2^{55} \cdot 7^{68}$$

$$abc = \sqrt{k p q} \cdot 2^{27} \cdot 7^{34} = \min$$

$\sqrt{k p q}$  - целое число } ~~к р q~~  
"min

$k, p, q$  - целые числа т.е.  $k, p, q \geq 1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \min(k p q) = 4 \quad (\text{чтобы } \sqrt{k p q} \text{ был целым)}$$

Тогда  $abc = \underset{\min}{2} \cdot 2^{28} \cdot 7^{34}$

Ответ:  $\min(abc) = 2^{28} \cdot 7^{34}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

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



$P$  и  $Q$  - центры окружностей

т.к.  $AB$  - касательная к  $W \Rightarrow$

$$\Rightarrow \angle ACQ = 90^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow CQ^2 = AC \cdot CB$$

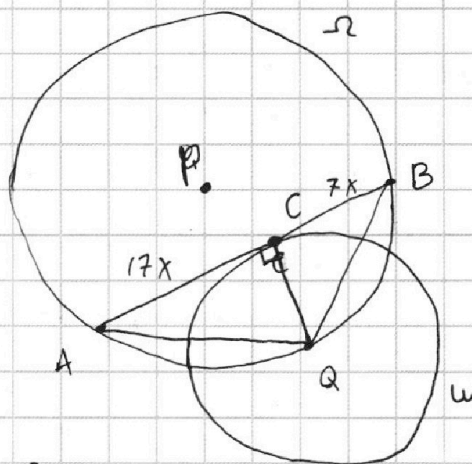
$$CQ = r = 7$$

$$49 = 17x \cdot 7x; \quad 7 = 77x^2$$

$$x = \sqrt{\frac{7}{77}}$$

$$AB = 24x = \boxed{24\sqrt{\frac{7}{77}}}$$

$$\text{Ответ: } AB = 24\sqrt{\frac{7}{77}}$$



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

$$\sqrt{3x^2-6x+2} - \sqrt{3x^2+3x+1} \cdot \frac{\sqrt{3x^2-6x+2} + \sqrt{3x^2+3x+1}}{\sqrt{3x^2-6x+2} + \sqrt{3x^2+3x+1}} = \frac{1-9x}{\sqrt{3x^2-6x+2} + \sqrt{3x^2+3x+1}}$$
$$\frac{3x^2-6x+2-3x^2-3x-1}{\sqrt{3x^2-6x+2} + \sqrt{3x^2+3x+1}} = \frac{1-9x}{\sqrt{3x^2-6x+2} + \sqrt{3x^2+3x+1}}$$
$$\frac{1-9x}{\sqrt{3x^2-6x+2} + \sqrt{3x^2+3x+1}} = 1-9x \quad | \cdot \frac{\sqrt{3x^2-6x+2} - \sqrt{3x^2+3x+1}}{1-9x}$$

$1-9x=0$  - корни  $x = \frac{1}{9}$

~~Сумма корней  $\Rightarrow$  можем~~

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

Т.к.  $\sqrt{\dots} \geq 0 \Rightarrow$  корни из  $3x^2-6x+2 \leq 1$

$$\begin{cases} 3x^2-6x+2 \leq 1; & 3x^2-6x+1 \leq 0; & x_{1,2} = \frac{6 \pm \sqrt{36-4 \cdot 3}}{6} \\ 3x^2+3x+1 \leq 1; & x^2+x \leq 0; & \begin{array}{c} + & - & + \\ | & | & | \\ -1 & 0 & \end{array} \end{cases} \rightarrow x \in [-1; 0] \quad \textcircled{3}$$
$$3x^2-6x+1 \leq 0$$
$$x_{1,2} = 1 \pm \frac{\sqrt{24}}{6} = 1 \pm \frac{\sqrt{6 \cdot 4}}{6} = 1 \pm \sqrt{\frac{4}{6}} = 1 \pm \sqrt{\frac{2}{3}}$$

Интервалы  $\textcircled{3}$  и  $\textcircled{4}$  не пересекаются  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  уравнение  $\textcircled{2}$  не имеет корней

Проверим корни  $x = \frac{1}{9}$  подстановкой. Они подходят

Ответ:  $x = \frac{1}{9}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$A = (x_1; y_1)$$

$$B = (x_2; y_2)$$

$$2x_2 - 2x_1 + y_2 - y_1 = 14$$

$$x_1 \geq 0, y_1 \geq 0$$

$$26 \geq y_1, y_2 \geq 0$$

Закрепим точку A

$$\text{Тогда } y_2 = 14 + y_1 + 2x_1 - 2x_2 = -2x_2 + \underbrace{14 + y_1 + 2x_1}_{\text{const}}$$

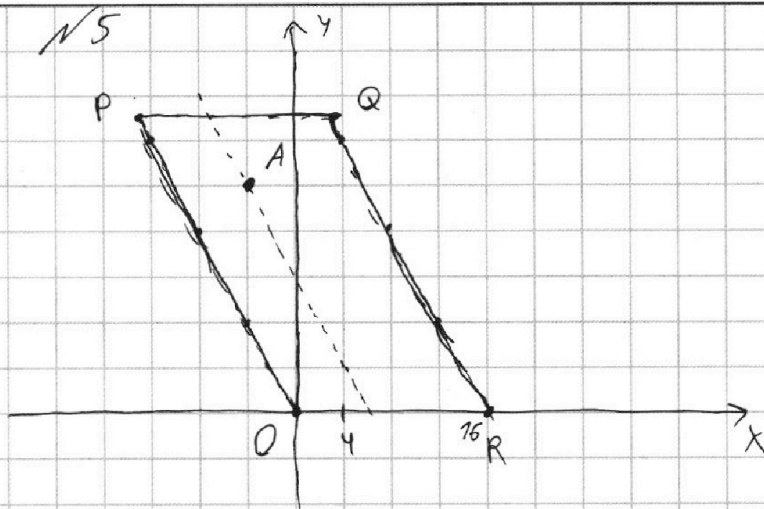
$$\text{Прямая } PO: y = -kx;$$

$$26 = -k - 13; k = 2$$

$$y = -2x \Rightarrow \text{коэф наклона для прямой,}$$

на которой может быть точка B, совпад с коэф наклона параллелограмма

$$\text{или } 14 + y_1 + 2x_1$$



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!



№6

$$ax + y - 8b = 0$$

$$(x^2 + y^2 - 1)(x^2 + (y - 7.2)^2 - 76) \leq 0$$

Построим график 2-го неравенства

(это два круга)

$$y = 8b - ax - \text{прямая.}$$

Если система имеет 2 решения, значит

$$y = 8b - ax - \text{касательная к обеим окружностям} \Rightarrow$$

внешн' внутр'

$\Rightarrow$  всего будет 4 варианта

Формула расстояния от точки до прямой:  $Ax + By + C = 0$  - прямая

$(x_0; y_0)$

$$d = \frac{|Ax_0 + By_0 + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

$A = a$  Если прямая касается

$B = 1$  окр-ти, то  $d = r$

$$C = -8b$$

Для маленькой окр-ти:  $d = 1 = \frac{|a \cdot 0 + 1 \cdot 0 - 8b|}{\sqrt{a^2 + 1}}$

$$\sqrt{a^2 + 1} = |-8b| ; 8b = \pm \sqrt{a^2 + 1}$$

$$64b^2 = a^2 + 1$$

Для большой окр-ти:

$$d = 4 = \frac{|a \cdot 0 + 7.2 - 8b|}{\sqrt{a^2 + 1}} ; 4\sqrt{a^2 + 1} = |7.2 - 8b|$$

$$\sqrt{a^2 + 1} = |3 - 2b| ; a^2 + 1 = (3 - 2b)^2$$

$$\begin{cases} a^2 + 1 = 64b^2 \\ a^2 + 1 = (3 - 2b)^2 \end{cases}$$

$$64b^2 - (3 - 2b)^2 = 0 ; (8b - 3 + 2b)(8b + 3 - 2b) = 0$$

$$\begin{cases} b = -0.5 \\ b = 0.3 \end{cases}$$

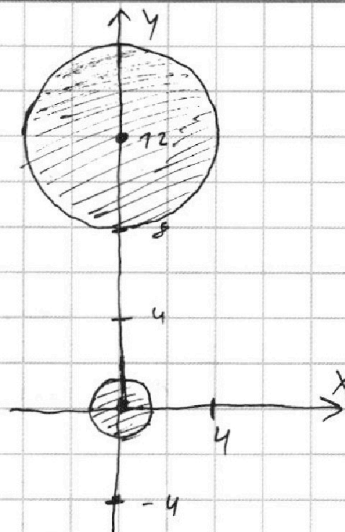
$$a^2 + 1 = 64b^2 = 64 \cdot 0.25 = 16$$

$$= 64 \cdot \frac{9}{100} = \frac{9 \cdot 76}{25} = \frac{744}{25}$$

$$a^2 = \frac{15}{25} \quad \frac{749}{25}$$

$$a = \pm \sqrt{\frac{751}{25}} \quad \pm \sqrt{\frac{749}{25}}$$

Ответ:  $a = \begin{cases} \pm \sqrt{15} \\ \pm \sqrt{\frac{749}{25}} \end{cases}$



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!

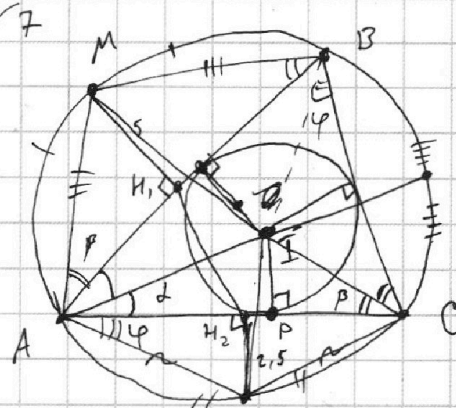


I - центр впис. окр-ти

1) Т.к. M середина дуги  $\Rightarrow$

$\Rightarrow AM = MB$ ;  $\angle AMH_1B = 90^\circ$

$\Rightarrow \triangle AMH_1 = \triangle MH_1B$



Аналогично  $\triangle AH_2N = \triangle NH_2C \Rightarrow N$

$\Rightarrow AH_1 = H_1B$  и  $AH_2 = H_2C$

Заметим, что точки C, I, M лежат на одной

прямой т.к. I  $\in$  биссектрисе и M  $\in$  биссектрисе

Из вписанных углов;  $\angle BCI = \angle MBH_1$ , и другие аналогично

~~Из п/у  $\triangle ANC$  т.к.  $\angle ANH_2 = 90^\circ \Rightarrow NH_2^2 = AH_2 \cdot H_2C = AH_2^2 \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow AH_2 = 2,5 = H_2C$~~

~~Аналогично  $AH_1 = H_1B = 5$~~

~~$\sin(\varphi) = \frac{2,5}{5} \Rightarrow \varphi = 45^\circ$~~

$\sin(\varphi) = \frac{2,5}{0,5AC} = \frac{5}{AC}$

$\sin \varphi = \frac{5}{AC}$        $AB = \frac{10}{\sin \beta}$

$\sin(\beta) = \frac{5/MH_1}{\frac{1}{2}AB} = \frac{10}{AB}$

$\sin(\beta) = \frac{r}{CP}$ ;  $CP = \frac{r}{\sin \beta}$

$\sin(\delta) = \frac{r}{AP}$ ;  $AP = \frac{r}{\sin \delta}$

$AP + CP = AC = r \left( \frac{1}{\sin \delta} + \frac{1}{\sin \beta} \right) = \frac{5}{\sin \varphi}$

Аналогично  $AB = r \left( \frac{1}{\sin \delta} + \frac{1}{\sin \varphi} \right)$        $BC = r \left( \frac{1}{\sin \varphi} + \frac{1}{\sin \beta} \right)$

$\frac{10}{\sin \beta} = r \left( \frac{1}{\sin \delta} + \frac{1}{\sin \varphi} \right)$

$\frac{5}{\sin \varphi} = r \left( \frac{1}{\sin \delta} + \frac{1}{\sin \beta} \right)$

Тогда  $\sin: \frac{AC}{\sin(2\varphi)} = \frac{AB}{\sin(2\beta)}$

$\frac{5}{2 \sin^2(\varphi) \cos(\varphi)} = \frac{10}{2 \sin^2(\beta) \cos(\beta)}$

$\sin^3(\varphi) \cos(\varphi) = 2 \sin^2(\beta) \cos(\beta)$





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!

№6

$$ax + y - 8b = 0$$

$$(x^2 + y^2 - 1)(x^2 + (y - 12)^2 - 16) \leq 0$$

График

$$ax + y - 8b = 0$$

$$y = 8b - ax$$

$$x^2 + y^2 = 1$$

$$x^2 + (8b - ax)^2 = 1; \quad x^2 + 64b^2 + a^2x^2 - 16abx = 1$$

Имеет только 1 решение  $\Rightarrow D = 0$

$$(16ab)^2 - 4(1+a^2)64b^2 = 0$$

$$2^8 a^2 b^2 - 2^8 (1+a^2)b^2 = 0;$$

$$a^2 b^2 - 1 - a^2 = 0$$

$$a^2(b^2 - 1) - 1 = 0$$

$$x^2 + (4 \pm 8b - ax - 12)^2 = 16$$

$$a = \pm \frac{1}{\sqrt{b^2 - 1}}$$

$$x^2 + (8b - ax - 12)(8b - ax - 12) = x^2 + 64b^2 - 8abx - 96b - 8abx + a^2x^2 + 12ax - 96b + 72ax + 144$$

$$= x^2 + 64b^2 + 144 + a^2x^2 - 16abx + 24ax - 2 \cdot 96b = 0$$

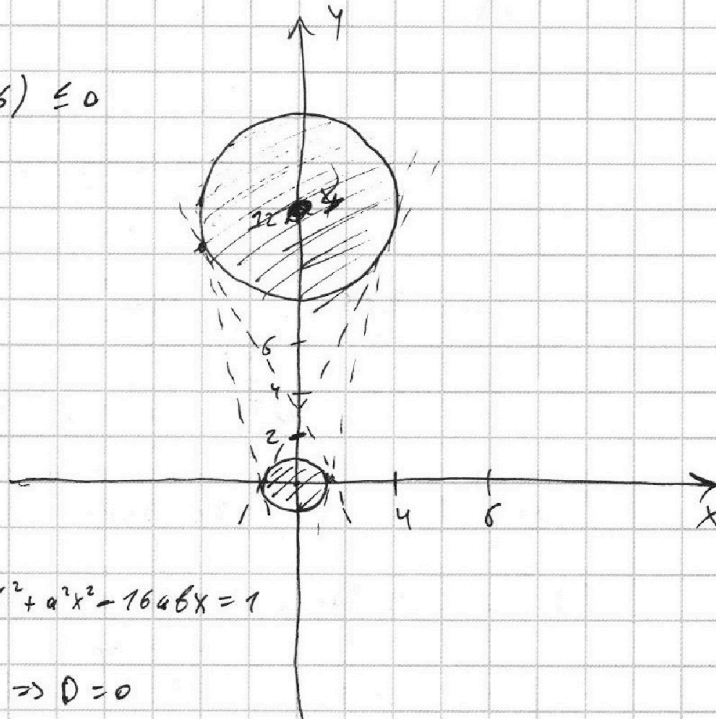
$$x^2(1+a^2) - x(16ab - 24a) + 64b^2 - 2 \cdot 96b + 144 = 0$$

$$96 = 8 \cdot 12 = 4 \cdot 8 \cdot 3 = 2^5$$

$$D = 0; \quad 8^2 a^2 (2b - 3a)^2 - 4(a^2 + 1) \cdot (64b^2 - 2 \cdot 96b + 728) = 0 \quad | \cdot \frac{1}{64}$$

$$8^2 a^2 (2b - 3a)^2 - (a^2 + 1)2^2 (2b^2 - 3 \cdot 2^6 b + 2^2) = 0$$

$$a^2(2b - 3a)^2 - 4(a^2 + 1)(b^2 - 3b + 2) = 0$$





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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МОТИ.**

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



$$\sqrt{3x^2 - 6x + 2} - \sqrt{3x^2 + 3x + 1} = 7 - 9x$$

$$\frac{1}{27} - \frac{2}{3} + 2$$

$$\frac{1}{27} + \frac{1}{3} + 1$$

ОДЗ:  $3x^2 - 6x + 2 \geq 0$

$$x_{1,2} = \frac{6 \pm \sqrt{36 - 4 \cdot 3 \cdot 2}}{6} = \frac{6 \pm \sqrt{36 - 24}}{6} =$$

$$= 1 \pm \frac{\sqrt{12}}{6} = 1 \pm \frac{2\sqrt{3}}{6} = 1 \pm \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$1 \pm \frac{\sqrt{6 \cdot 2}}{6} = 1 \pm \sqrt{\frac{2}{3}} = 1 \pm \sqrt{\frac{1}{3}} \quad x \in \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{6}}; 1 + \frac{2}{\sqrt{6}} \right]$$

$$\sqrt{3x^2 - 6x + 2} + 9x = 1 + \sqrt{3x^2 + 3x + 1} \quad x \in (-\infty; 1 - \frac{1}{\sqrt{3}}] \cup [1 + \frac{1}{\sqrt{3}}; +\infty)$$

$$3x^2 - 6x + 2 + 81x^2 + 18x\sqrt{3x^2 - 6x + 2} = 1 + 3x^2 + 3x + 1 + 2\sqrt{3x^2 + 3x + 1}$$

$$81x^2 - 9x + 18x\sqrt{3x^2 - 6x + 2} = 2\sqrt{3x^2 + 3x + 1}$$

$$\sqrt{3x^2 - 6x + 2} - \sqrt{3x^2 + 3x + 1} = 7 - 9x$$

$$= \frac{3x^2 - 6x + 2 - 3x^2 - 3x - 1}{\sqrt{3x^2 - 6x + 2} + \sqrt{3x^2 + 3x + 1}} = 7 - 9x$$

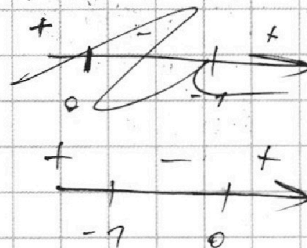
$$(7 - 9x) = 3x^2 - 6x + 2 - 3x^2 - 3x - 1 = 7 - 9x$$

$$3x^2 - 6x + 2 \leq 1; \quad 3x^2 - 6x + 1 \leq 0$$

$$3x^2 + 3x + 1 \leq 1; \quad 3x^2 + 3x \leq 0; \quad x^2 + x \leq 0$$

$$x_{1,2} = \frac{6 \pm \sqrt{36 - 4 \cdot 3 \cdot 1}}{6} =$$

$$= 1 \pm \frac{\sqrt{12}}{6}; \quad x \in \left[ 1 - \sqrt{\frac{2}{3}}; 1 + \sqrt{\frac{2}{3}} \right]$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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

