



МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

ОЛИМПИАДА "ФИЗТЕХ"
ПО МАТЕМАТИКЕ

11 КЛАСС. Вариант 3



1. [4 балла] Натуральные числа a, b, c таковы, что ab делится на $2^8 3^{14} 5^{12}$, bc делится на $2^{12} 3^{20} 5^{17}$, ac делится на $2^{14} 3^{21} 5^{39}$. Найдите наименьшее возможное значение произведения abc .
2. [5 баллов] Дан прямоугольный треугольник ABC . Окружность, касающаяся прямой BC в точке B , пересекает высоту CD , проведённую к гипотенузе, в точке F , а катет AC – в точке E . Известно, что $AB \parallel EF$, $AD : DB = 5 : 2$. Найдите отношение площади треугольника ABC к площади треугольника CEF .
3. [4 балла] Решите уравнение $10 \arcsin(\cos x) = \pi - 2x$.
4. [5 баллов] Найдите все значения параметра a , для каждого из которых найдётся значение параметра b , при котором система уравнений

$$\begin{cases} ax - 3y + 4b = 0, \\ (x^2 + y^2 - 1)(x^2 + y^2 - 20y + 64) = 0 \end{cases}$$

имеет ровно 4 решения.

5. [5 баллов] Некоторые числа x и y удовлетворяют равенствам

$$\log_5^4(2x) - 3 \log_{2x} 5 = \log_{8x^3} 625 - 3, \quad \text{и} \quad \log_5^4 y + 4 \log_y 5 = \log_{y^3} 0,2 - 3.$$

Найдите все возможные значения произведения xy .

6. [5 баллов] На координатной плоскости дан параллелограмм с вершинами в точках $O(0;0)$, $P(-16;80)$, $Q(2;80)$ и $R(18;0)$. 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 $5x_2 - 5x_1 + y_2 - y_1 = 45$.
7. [6 баллов] Дана треугольная пирамида $SABC$, медианы AA_1 , BB_1 и CC_1 треугольника ABC пересекаются в точке M . Сфера Ω касается ребра AS в точке L и касается плоскости основания пирамиды в точке K , лежащей на отрезке AM . Сфера Ω пересекает отрезок SM в точках P и Q . Известно, что $SP = MQ$, площадь треугольника ABC равна 100, $SA = BC = 16$.
 - а) Найдите произведение длин медиан AA_1 , BB_1 и CC_1 .
 - б) Найдите двугранный угол при ребре BC пирамиды, если дополнительно известно, что Ω касается грани BCS в точке N , $SN = 4$, а радиус сферы Ω равен 5.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

№1

$$ab = k_1 2^8 3^{14} 5^{12}$$

$$bc = k_2 2^{12} 3^{20} 5^{17}$$

$$ac = k_3 2^{14} 3^{21} 5^{39}$$

$$abc = 2^{17} 3^{28} 5^{34}$$

$$(abc)^2 = k_1 k_2 k_3 2^{34} 3^{55} 5^{68}$$

корень из 3^{55} равен $3^{55/2}$, а это не целое
равное число $\Rightarrow k_1 k_2 k_3 = 3$, тогда

$$(abc)^2 = 2^{34} 3^{56} 5^{68} \Rightarrow abc = 2^{17} 3^{28} 5^{34}$$

№2

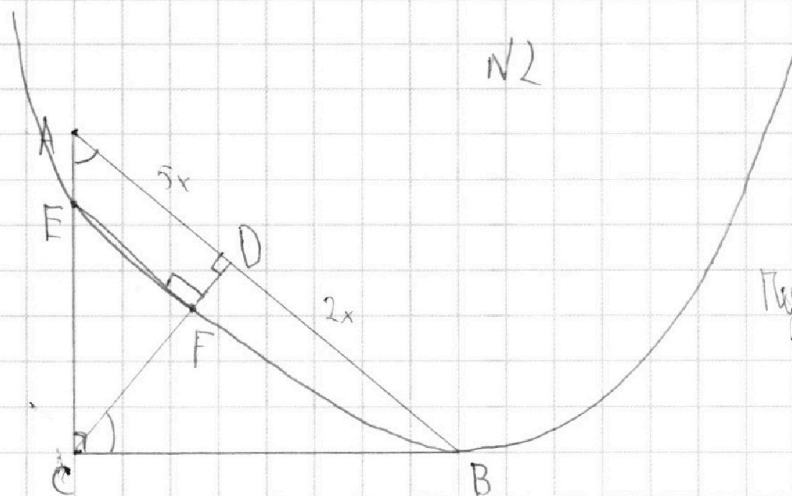


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



Пусть $DB=2x$, тогда
 $AD=5x$;

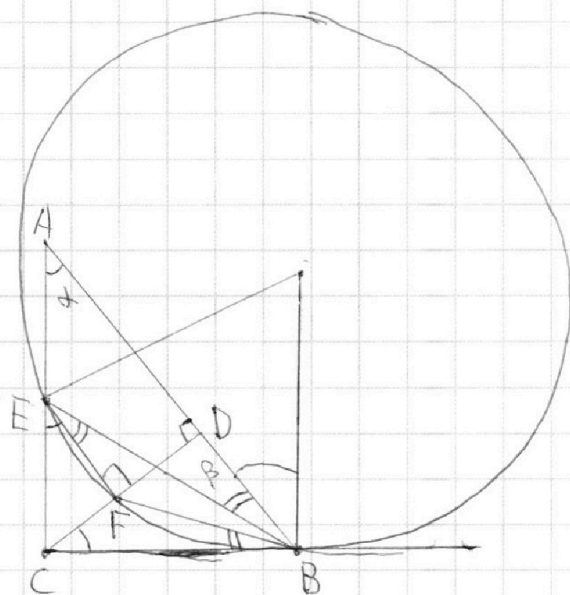
$$\angle CAB = \angle DCB$$

$$\operatorname{tg} \angle CAB = \frac{CD}{AD} \quad \left| \Rightarrow \quad \frac{CD}{AD} = \frac{DB}{CD} \Rightarrow CD = \sqrt{AD \cdot DB} = \sqrt{5x \cdot 2x} = x\sqrt{10} \right.$$

$$\operatorname{tg} \angle DCB = \frac{DB}{CD}$$

$$S_{ABC} = \frac{1}{2} CD \cdot AB = \frac{1}{2} \cdot x\sqrt{10} \cdot 7x = \boxed{\frac{7\sqrt{10}}{2} x^2}$$

$$\angle + 2\beta + \angle FBE = 90^\circ$$



$$15a^4 - 9 = 0$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 54 \\ \hline 14 \\ 196 \\ \hline 16 \\ 36 \end{array}$$

$$\frac{1}{2} ab \sin \angle A \quad \frac{1}{2} ab \cdot \frac{c}{2R}$$

$$\frac{2}{2} \cdot \frac{9}{2} \cdot \frac{2}{2} = 2.4 + 2.16 = 2.5 = 2.5 \dots =$$

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!

МФТИ



№3

$$10 \arccos(\cos x) = \pi - 2x$$

$$10\left(\frac{\pi}{2} - \arccos(\cos x)\right) = \pi - 2x$$

$$5\pi - 10 \arccos(\cos x) = \pi - 2x$$

$$10 \arccos(\cos x) = 4\pi + 2x$$

$$\arccos(\cos x) = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$\text{Если } x \in [-2\pi; 0], \text{ то } \arccos(\cos(2\pi + x)) = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$2\pi + x = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$10\pi + 5x = 2\pi + x$$

$$8\pi = -4x$$

$$\boxed{x = -2\pi}$$

$$\text{Если } x \in [-\pi; 0], \text{ то } \arccos(\cos(-x)) = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$-x = \frac{2\pi + x}{5} \Rightarrow 2\pi + x = -5x \Rightarrow \boxed{x = -\frac{\pi}{3}}$$

$$\text{Если } x \in [0; \pi], \text{ то } \arccos(\cos x) = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$x = \frac{2\pi + x}{5} \Rightarrow 5x = 2\pi + x \Rightarrow \boxed{x = \frac{\pi}{2}}$$

$$\text{Если } x \in [\pi; 2\pi], \text{ то } \arccos(\cos(-(x-2\pi))) = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$-(x-2\pi) = \frac{2\pi + x}{5} \Rightarrow -x + 2\pi = \frac{2\pi + x}{5} \Rightarrow -5x + 10\pi = 2\pi + x \Rightarrow \boxed{x = \frac{4\pi}{3}}$$

$$\text{Если } x \in [2\pi; 3\pi], \text{ то } \arccos(\cos(x-2\pi)) = \frac{2\pi + x}{5}$$

$$x - 2\pi = \frac{2\pi + x}{5} \Rightarrow 5x - 10\pi = 2\pi + x \Rightarrow \boxed{x = 3\pi}$$

$$\text{Ответ: } -2\pi; -\frac{\pi}{3}; \frac{\pi}{2}; \frac{4\pi}{3}; 3\pi$$

$$\text{ОДЗ: } \left| \frac{\pi - 2x}{10} \right| \leq \frac{\pi}{2}$$

$$\text{ОДЗ: } -\frac{\pi}{2} \leq \frac{\pi - 2x}{10} \leq \frac{\pi}{2}$$

$$-5\pi \leq \pi - 2x \leq 5\pi$$

$$-6\pi \leq -2x \leq 4\pi$$

$$\underline{-2\pi \leq x \leq 3\pi}$$



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!

$$ax - 3y + 48 = 0$$

$$(x^2 + y^2 - 1)(x^2 + y^2 - 20y + 64) = 0$$

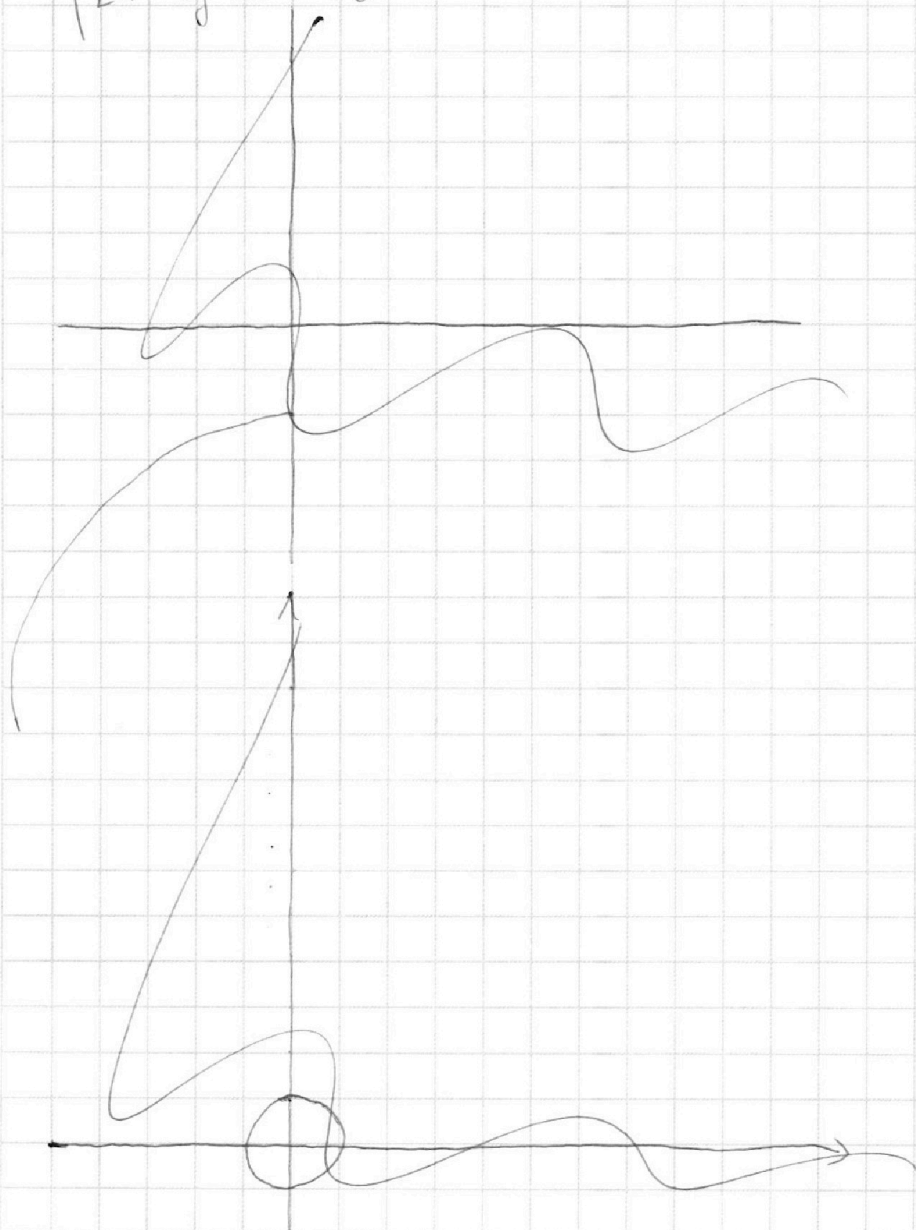
$$y = \frac{a}{3}x + \frac{48}{3}$$

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ x^2 + (y - 10)^2 = 36 \end{cases}$$

$$y = \frac{a}{3}x + \frac{48}{3}$$

$$(x^2 + y^2 - 1)(x^2 + (y - 10)^2 - 36) = 0$$

Построим график 2-го ур-на.



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!

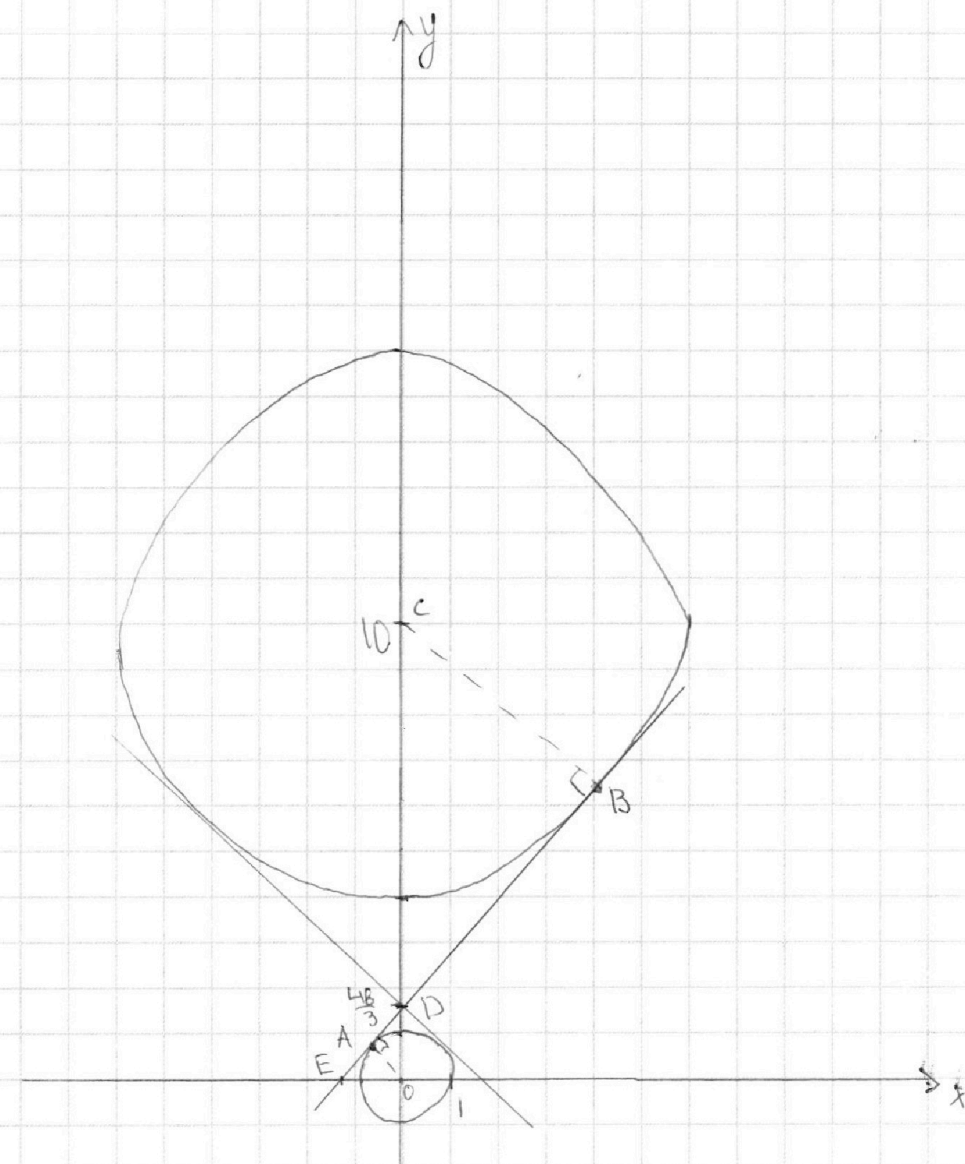


График ¹⁻²⁰ ~~2~~ ур δ — прямая. Есть только 2 случая, когда не найдётся

такое b , при кот. будет 4 решения — это такие 2 прямые, кот. могут либо пересекать только 1 окр., либо касаться обеих окружностей.

Васи. прямую, у кот. $a > 0$;

Из подобия $\triangle AOD$ и $\triangle BCD$ следует:

$$\frac{\frac{1}{4b}}{\frac{4b}{3}} = \frac{6}{10 - \frac{4b}{3}} \Rightarrow \frac{1}{4b} = \frac{6}{30 - 4b} \Rightarrow 30 - 4b = 24b \Rightarrow b = \frac{30}{28} = \frac{15}{14};$$

Т.е. эти две прямые

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!

Найдём точку пересечения прямой с Ox ;
Из подобия $\triangle DAO \sim \triangle DOE$ следует:

$$\frac{AO}{OE} = \frac{DA}{DO} \Rightarrow OE = \frac{AO \cdot DO}{DA} = \frac{1 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{15}{14}}{\sqrt{DO^2 - AO^2}} = \frac{\frac{4 \cdot 15}{3 \cdot 14}}{\sqrt{\frac{416}{9} - \frac{225}{49}}} = \frac{\frac{10}{7}}{\sqrt{\frac{100}{49} - 1}} =$$

$$= \frac{\frac{10}{7}}{\sqrt{\frac{51}{49}}} = \frac{10}{7} \cdot \frac{7}{\sqrt{51}} = \frac{10}{\sqrt{51}} = \frac{10}{51} \sqrt{51}$$

Тогда $a = \frac{DO}{OE} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{15}{14}}{\frac{10}{\sqrt{51}}} = \frac{10}{7} \cdot \frac{\sqrt{51}}{10} = \frac{\sqrt{51}}{7}$

Т.к. обе эти прямые симметричны от Oy , то $a = \pm \frac{\sqrt{51}}{7}$;
Это означает, что при $a = \pm \frac{\sqrt{51}}{7}$ не найдётся такое b , что система имеет 4 р-м. $\Rightarrow$

$$a \in \left(-\infty; -\frac{\sqrt{51}}{7}\right) \cup \left(\frac{\sqrt{51}}{7}; \frac{\sqrt{51}}{7}\right) \cup \left(\frac{\sqrt{51}}{7}; +\infty\right)$$

Ответ: $a \in \left(-\infty; -\frac{\sqrt{51}}{7}\right) \cup \left(\frac{\sqrt{51}}{7}; \frac{\sqrt{51}}{7}\right) \cup \left(\frac{\sqrt{51}}{7}; +\infty\right)$

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!



N5

$$\log_5(2x) - 3\log_{2x} 5 = \log_{8x} 625 - 3$$

$$\log_5 y + 4\log_y 5 = \log_y 0,2 - 3$$

$$\text{ОДЗ: } \begin{cases} 2x > 0 \\ 2x \neq 1 \\ y > 0 \\ y \neq 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x > 0 \\ x \neq \frac{1}{2} \\ y > 0 \\ y \neq 1 \end{cases}$$

$$\frac{1}{\log_{2x}^4 5} - 3\log_{2x} 5 = \frac{4}{3}\log_{2x} 5 - 3$$

$$\log_5 y + 4\log_y 5 = -\frac{1}{3}\log_y 5 - 3$$

Пусть $a = \log_{2x} 5$
 $b = \log_y 5$

Тогда $\begin{cases} \frac{1}{a^4} - 3a = \frac{4}{3}a - 3 \quad | \cdot 3 \\ b^4 + 4b = -\frac{1}{3}b - 3 \quad | \cdot 3 \end{cases}$

$$\begin{cases} \frac{3}{a^4} - 9a = 4a - 9 \quad | \cdot a^4 \\ 3b^4 + 12b = -b - 9 \end{cases} \quad \begin{cases} 3 - 9a^5 = 4a^5 - 9a^4 \\ 3b^4 + 13b + 9 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} 3a^5 - 9a^4 - 3 = 0 \\ 3b^4 + 13b + 9 = 0 \end{cases}$$

$$\log_5(2x) - \frac{3}{\log_5 2x} = \frac{4}{3\log_5 2x} - 3$$

$$\log_5 y + \frac{4}{\log_5 y} = -\frac{1}{3\log_5 y} - 3$$

Пусть $a = \log_5(2x)$
 $b = \log_5 y$

Тогда $\begin{cases} a^4 - \frac{3}{a} = \frac{4}{3a} - 3 \quad | \cdot 3a \\ b^4 + \frac{4}{b} = -\frac{1}{3b} - 3 \quad | \cdot 3b \end{cases}$

$$\begin{cases} 3a^5 - 9 = 4 - 9a \\ 3b^5 + 12 = -1 - 9b \end{cases} \quad \begin{cases} 3a^5 + 9a - 13 = 0 \\ 3b^5 + 9b + 13 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} 3a^5 + 9a - 13 = 0 \\ 3b^5 + 9b + 13 = 0 \end{cases}$$

Упр-е $3a^5 + 9a - 13 = 0$ имеет 1 корень $a = \frac{1}{2}$.

р-е $f(a) = 3a^5 + 9a - 13$ монотонна. Аналогично

Тогда $a + b = 0 \Rightarrow \log_5(2x) + \log_5 y = 0$ 2-ой упр-е.

$$\log_5(2xy) = 0 \Rightarrow 2xy = 1 \Rightarrow xy = \frac{1}{2}$$

Ответ: $\frac{1}{2}$

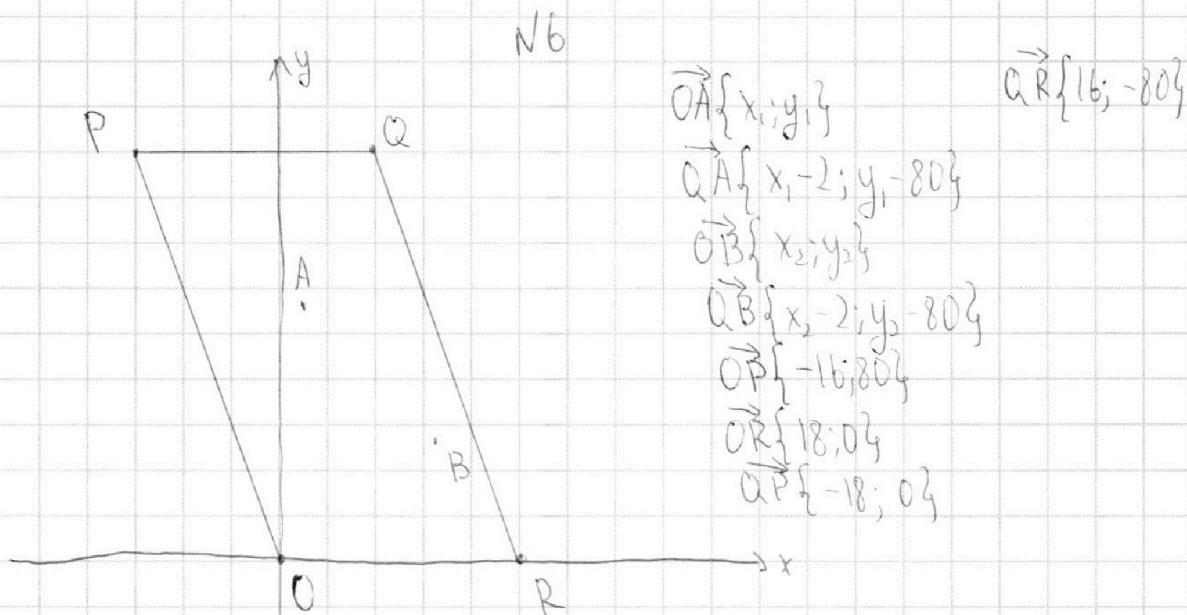
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐

МФТИ

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



Запишем условие того, что точки A и B не лежат внутри параллелограмма:

для т. А:

$$|\vec{OA} \times \vec{OP}| \geq 0$$

$$|\vec{OA} \times \vec{OR}| \leq 0$$

$$|\vec{QA} \times \vec{QP}| \leq 0$$

$$|\vec{QA} \times \vec{QR}| \geq 0$$

$$\begin{cases} 80x_1 + 16y_1 \geq 0 \\ -18y_1 \leq 0 \\ 18(y_1 - 80) \leq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -18(y_1 - 80) \geq 0 \\ -80x_1 - 16y_1 \geq 0 \\ -80(x_1 - 2) - 16(y_1 - 80) \geq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 \geq -\frac{16}{80}y_1 = -\frac{y_1}{5} \\ y_1 \geq 0 \\ y_1 \leq 80 \\ x_1 \leq \frac{16}{80}y_1 + 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 \leq y_1 \leq 80 \\ -\frac{y_1}{5} \leq x_1 \leq 2 - \frac{y_1}{5} \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1 \geq 0 \\ y_1 \leq 80 \\ x_1 \leq \frac{16}{80}y_1 + 2 \end{cases}$$

$$5x_1 - 10 + y_1 - 80 \leq 0$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐



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

Аналогично для т. В:

$$\begin{cases} 0 \leq y_2 \leq 80 \\ -\frac{y_2}{5} \leq x_2 \leq 18 - \frac{y_2}{5} \end{cases}$$

$$5x_2 - 5x_1 + y_2 - y_1 = 45$$

$$y_2 - y_1 = 45 + 5x_1 - 5x_2 = 5(9 + x_1 - x_2) \Rightarrow (y_2 - y_1) : 5$$

$$\text{Значит, } y_2 - y_1 = \{ \pm 0; \pm 5; \pm 10; \pm 15; \pm 20; \pm 25; \pm 30; \dots; \pm 80 \}$$

Также



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐

2 ☐

3 ☐

4 ☐

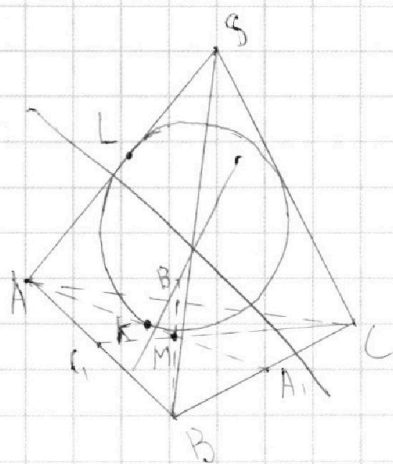
5 ☐

6 ☐

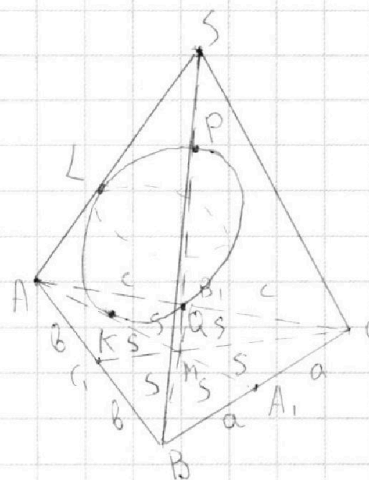
7 ☒

МФТИ

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



N7



$$AA_1^2 = 4b^2 + a^2 - 4ab \cos \angle ABC = 4c^2 + a^2 - 4ac \cos \angle ACB$$

$$b^2 - ab \cos \angle ABC = c^2 - ac \cos \angle ACB$$

$$ac \cos \angle ACB - ab \cos \angle ABC = c^2 - b^2$$

$$\frac{2b}{\sin \angle A_1} = \frac{AA_1}{\sin \angle B}$$
$$\frac{2c}{\sin \angle A_1} = \frac{AA_1}{\sin \angle C}$$

$$S = \frac{S_{ABC}}{6} = \frac{100}{6} = \frac{50}{3}$$