



МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

ОЛИМПИАДА "ФИЗТЕХ"
ПО МАТЕМАТИКЕ

11 КЛАСС. Вариант 1



1. [4 балла] Натуральные числа a, b, c таковы, что ab делится на $2^9 3^{10} 5^{10}$, bc делится на $2^{14} 3^{13} 5^{13}$, ac делится на $2^{19} 3^{18} 5^{30}$. 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 $AB \parallel EF$, $AD : DB = 3 : 1$. Найдите отношение площади треугольника ABC к площади треугольника CEF .
3. [4 балла] Решите уравнение $5 \arcsin(\cos x) = x + \frac{\pi}{2}$.
4. [5 баллов] Найдите все значения параметра a , для каждого из которых найдётся значение параметра b , при котором система уравнений

$$\begin{cases} ax + 2y - 3b = 0, \\ (x^2 + y^2 - 9)(x^2 + y^2 - 12x + 32) = 0 \end{cases}$$

имеет ровно 4 решения.

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

$$\log_3^4 x + 6 \log_x 3 = \log_{x^2} 243 - 8 \quad \text{и} \quad \log_3^4(5y) + 2 \log_{5y} 3 = \log_{25y^2} (3^{11}) - 8.$$

Найдите все возможные значения произведения xy .

6. [5 баллов] На координатной плоскости дан параллелограмм с вершинами в точках $O(0; 0)$, $P(-14; 42)$, $Q(6; 42)$ и $R(20; 0)$. 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 $3x_2 - 3x_1 + y_2 - y_1 = 33$.
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 90, $SA = BC = 12$.
 - 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:

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) П.к. $ab : 2^9 3^{10} 5^{10}$, то $ab \geq 2^9 3^{10} 5^{10}$. П.к. $bc :$
 $2^{14} 3^{13} 5^{13}$, то $bc \geq 2^{14} 3^{13} 5^{13}$. П.к. $ac : 2^{19} 3^{18} 5^{30}$,
 то $ac \geq 2^{19} 3^{18} 5^{30}$. И, м.к. $ab, bc, ac > 0$, то:

$$ab \times bc \times ac \geq 2^9 \times 3^{10} 5^{10} \times 2^{14} 3^{13} 5^{13} \times 2^{19} 3^{18} 5^{30}$$

$$(abc)^2 \geq 2^{42} \times 3^{41} \times 5^{53}, \text{ но м.к. } ab : 2^9 3^{10} 5^{10},$$

$$bc : 2^{14} 3^{13} 5^{13} \text{ и } ac : 2^{19} 3^{18} 5^{30}, \text{ то } (abc)^2 : 2^{42} 3^{41} 5^{53}.$$

2) Заметим, что $(abc)^2$ - квадрат числа $\Rightarrow$ при разложении

на простые множители, каждый множитель будет иметь

четную степень, а м.к. $(abc)^2 : 2^{42} 3^{41} 5^{53}$, то $(abc)^2 :$

$$2^{42} 3^{42} 5^{54} \Rightarrow (abc)^2 \geq 2^{42} 3^{42} 5^{54}$$

$$abc \geq 2^{21} 3^{21} 5^{27}, \text{ но } abc : 2^{19} 3^{18} 5^{30} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow abc \geq 2^{21} 3^{21} 5^{30}.$$

3) Проверим $abc = 2^{21} 3^{21} 5^{30}$; $ab = 2^9 3^{10} 5^{10}$, $bc =$

$$= 2^{14} 3^{13} 5^{13}$$

$$c = \frac{abc}{ab} = \frac{2^{21} 3^{21} 5^{30}}{2^9 3^{10} 5^{10}} = 2^{12} 3^{11} 5^{20}$$

$$a = \frac{abc}{bc} = \frac{2^{21} 3^{21} 5^{30}}{2^{14} 3^{13} 5^{13}} = 2^7 3^8 5^{17}$$

$$b = \frac{abc}{ac} = 2^2$$

3) Заметим, что если $a = 2^7 3^8 5^{17}$; $b = 2^2 3^3$; $c = 2^{12} 3^{10} 5^{13}$,

то $abc = 2^{21} 3^{21} 5^{30}$; $ab = 2^9 3^{11} 5^{17}$; $bc = 2^{14} 3^{13} 5^{13}$; $ac = 2^{19} 3^{18} 5^{30}$;

$2^{19} 3^{18} 5^{30}$; $2^{19} 3^{18} 5^{30} \Rightarrow$ все условия выполняются $\Rightarrow \min(abc) = 2^{21} 3^{21} 5^{30}$.

Ответ: $2^{21} 3^{21} 5^{30}$

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



$$1) \quad 5 \arcsin(\cos X) = X + \frac{\pi}{2}$$

$$5 \arcsin\left(\sin\left(\frac{\pi}{2} - X\right)\right) = X + \frac{\pi}{2}$$

~~$$\arcsin \sim \frac{X}{10}$$~~

$$\arcsin\left(\sin\left(\frac{\pi}{2} - X\right)\right) = \frac{X}{5} + \frac{\pi}{10}$$

$$\left[\begin{array}{l} \frac{\pi}{2} - X = \frac{X}{5} + \frac{\pi}{10} \quad (I) \\ \frac{\pi}{2} - X = \pi - \frac{X}{5} - \frac{\pi}{10} \quad (II) \end{array} \right.$$

$$2) \quad (I) \quad \frac{2}{5}\pi = \frac{6}{5}X$$

$$\frac{\pi}{3} = X$$

$$(II) \quad \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{10} - \pi = \frac{4}{5}X$$

$$\frac{\pi}{10} - \frac{\pi}{2} = \frac{4}{5}X$$

$$-\frac{4\pi}{10} = \frac{4}{5}X$$

$$X = -\frac{\pi}{2}$$

3) Проверим полученные значения:

$$(I) \quad 5 \arcsin\left(\cos \frac{\pi}{3}\right) = \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}$$

$$5 \arcsin \frac{1}{2} = \frac{5\pi}{6}$$

$$\frac{5\pi}{6} = \frac{5\pi}{6}$$

$$(II) \quad 5 \arcsin\left(\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right)\right) = 0$$

$$5 \arcsin 0 = 0$$

$$0 = 0$$

Ответ: $X = \frac{\pi}{3}$; $X = -\frac{\pi}{2}$.

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!



1)
$$\begin{cases} ax+2y-3z=0 \\ (x^2+y^2-9)(x^2+y^2-12x+32)=0 \end{cases} \quad \text{— ровно 4 решения.}$$

2) Будем искать a , при которых имеется хотя бы одно b , что система имеет ровно 4 решения.

3)
$$\begin{cases} ax+2y-3z=0 & \text{— графиком ур-ия является прямая} \\ x^2+y^2=9 & \text{— графиком ур-ия является окр-ть с ц. (0,0) и R=3} \\ (x-6)^2+y^2=4 & \text{— графиком ур-ия является окр-ть с ц. (6,0) и R=2.} \end{cases}$$

4) Если прямая с двумя непересекающимися окр-ями имеет ровно 4 общие точки, то ун. коэф $a \in (-K; K)$, где K — условные коэффициенты внутренних касательных. Найдём эти коэффициенты. Если прямая касается окр-и, то ρ (расстояние) от прямой до окр-и равно радиусу R :

$$\begin{cases} \frac{|3b|}{\sqrt{a^2+4}} = 3 \\ \frac{|6a-3b|}{\sqrt{a^2+4}} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 9b^2 = 9(a^2+4) \Rightarrow b^2 = a^2+4 \\ (6a-3b)^2 = 4(a^2+4) \Rightarrow (6a-3b)^2 = 4b^2 \Rightarrow \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 6a=5b \Rightarrow b=\frac{6}{5}a \Rightarrow \frac{36}{25}a^2 = a^2+4 \Rightarrow \frac{11}{25}a^2=4 \Rightarrow \begin{cases} a=\frac{10}{\sqrt{11}}; b=\frac{12}{\sqrt{11}} \\ a=-\frac{10}{\sqrt{11}}; b=-\frac{12}{\sqrt{11}} \end{cases} \\ 6a=b \Rightarrow 36a^2-4a^2=4 \Rightarrow a^2=\frac{4}{35} \Rightarrow \begin{cases} a=\frac{2}{\sqrt{35}}; b=\frac{12}{\sqrt{35}} \\ a=-\frac{2}{\sqrt{35}}; b=-\frac{12}{\sqrt{35}} \end{cases} \end{cases}$$

5) По замечанию, что $\frac{10}{\sqrt{11}} > \frac{2}{\sqrt{35}} \Rightarrow \frac{10}{11} < \frac{16}{11}$ — коэф. внутренних касательных.
Тогда $a \in (-\frac{10}{\sqrt{11}}; \frac{10}{\sqrt{11}})$. Ответ: $a \in (-\frac{10}{\sqrt{11}}; \frac{10}{\sqrt{11}})$.

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!



$$1) \begin{cases} \log_3^4 X + 6 \log_x 3 = \log_{x^2} 243 - 8 & (I) \\ \log_3^4 5y + 2 \log_{5y} 3 = \log_{25y^2} (3'') - 8 & (II) \end{cases}$$

$$2) (I) \log_3^4 X + \frac{6}{\log_3 X} = \frac{5}{2} \times \frac{1}{\log_3 X} - 8 \quad \left| \times \log_3 X, \log_3 X \neq 0, \right.$$

т.к. $X \neq 1$, а
 $X \neq 1$, т.к. если
 $X=1$, то $\log_x 3$ не опре-
делен.

$$\log_3^5 X + 6 = \frac{5}{2} - 8 \log_3 X \quad | \times 2$$

$$2 \log_3^5 X + 16 \log_3 X + 7 = 0$$

$$(II) \log_3^4 5y + \frac{2}{\log_3 5y} = \frac{11}{2} \log_{5y} 3 - 8 \quad \left| \times \log_3 5y \text{ (аналогично} \right.$$

мысли, как мы заменили
на $\log_3 X$ в (I).

$$\log_3^5 5y + 2 - \frac{11}{2} + 8 \log_3 5y = 0 \quad | \times 2$$

$$2 \log_3^5 5y + 16 \log_3 5y - 7 = 0$$

3) Пусть $f(t) = 2t^5 + 16t$. Заметим, что $f(-t) = -f(t)$,
т.к. $f(-t) = 2(-t)^5 + 16(-t) = -(2t^5 + 16t) = -f(t)$. Также $f(t) \in \mathbb{R}$
тогда заметим, что $f(\log_3 X) = -f(\log_3 5y)$

$$f(\log_3 X) = f(-\log_3 5y)$$

$$\log_3 X + \log_3 5y = 0$$

$$\begin{cases} \log_3 (5yX) = 0 \\ y > 0 \\ X > 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 5yX = 1 \\ X > 0 \\ Y > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} XY = \frac{1}{5} \\ X > 0 \\ Y > 0 \end{cases}$$

Ответ: $XY = \frac{1}{5}$.

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!



$$\frac{x}{5} + \frac{\pi}{10}$$

$$\frac{9}{10} \pi - \frac{x}{5} = \frac{\pi}{2} - x$$

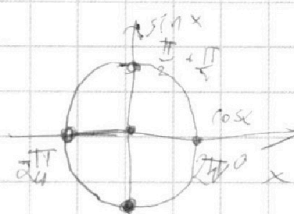
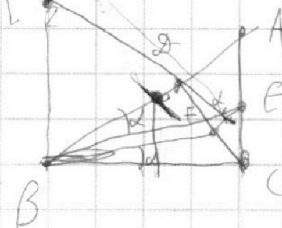
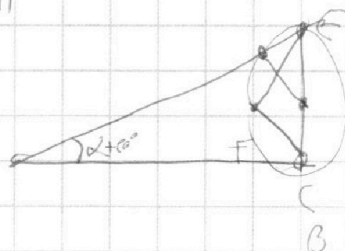
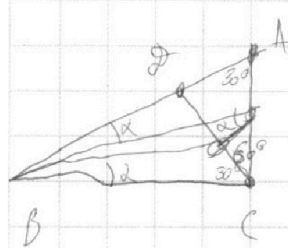
$$x - \frac{x}{5} = \frac{\pi}{2} - \frac{9}{10} \pi$$

$$\frac{4}{5} x = -\frac{4}{10} \pi$$

$$\frac{1}{5} x = -\frac{\pi}{10}$$

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

$$BA \times 2 \quad AC \times 2$$



$$\begin{cases} ax+2y-3b=0 \\ x^2+y^2=9 \\ (x-6)^2+y^2=4 \end{cases}$$

$$\frac{ax-3b}{-2} = y$$

$$-\frac{a}{2}x + \frac{3b}{2} = y$$

$$4a^2+16=36a^2-36ab+9b^2$$

$$b^2=a^2+4$$

$$4b^2=36a^2-36ab+9b^2$$

$$b^2=a^2+4$$

$$(2b)^2=(6a-3b)^2$$

$$2b=6a-3b$$

$$5b=6a$$

$$35a^2=4$$

$$a=\frac{2}{\sqrt{35}}; b=\frac{12}{\sqrt{35}}$$

$$a=-\frac{2}{\sqrt{35}}; b=-\frac{12}{\sqrt{35}}$$

$$c^2=3a^2+3b^2$$

$$(6a+c)^2=2a^2+2b^2$$

$$c^2=3a^2+3b^2$$

$$36a^2+12ac+c^2=2a^2+2b^2$$

$$a^2+b^2+36a^2+12ac=0$$

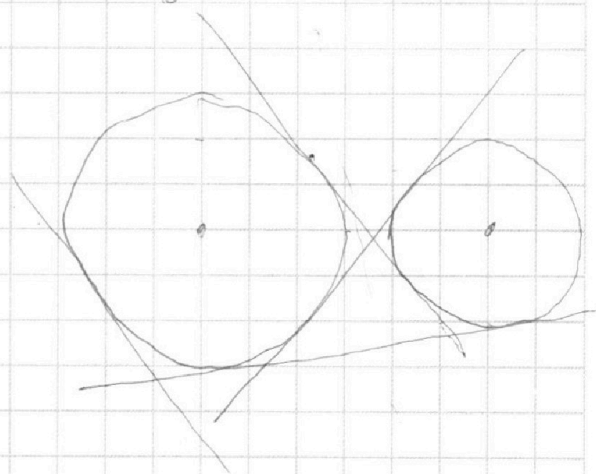
$$\frac{36}{25}a^2=a^2+4$$

$$\frac{11}{25}a^2=4$$

$$a=\frac{10}{\sqrt{11}}; b=\frac{12}{\sqrt{11}}$$

$$a=-\frac{10}{\sqrt{11}}; b=-\frac{12}{\sqrt{11}}$$

n5



$$\frac{|c|}{\sqrt{a^2+b^2}}=3$$

$$\frac{|ax+by+c|}{\sqrt{a^2+b^2}}=3$$

$$\frac{|6a+c|}{\sqrt{a^2+b^2}}=2$$

$$\frac{|ax+by+c|}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

$$\frac{|3b|}{\sqrt{a^2+4}}=3; \frac{|6a-3b|}{\sqrt{a^2+4}}=2$$

$$9b^2=9a^2+36$$

$$4a^2+16=36a^2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

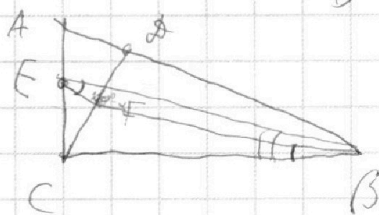
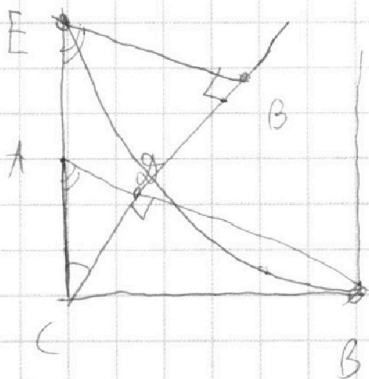
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



1) $ab : 2^9 3^{10} 5^{10}$
 $bc : 2^{14} 3^{13} 5^{13}$
 $ac : 2^{19} 3^{18} 5^{30}$

$c = 2^{12} 3^{11} 5^{17}$
 $a = 2^7 3^8 5^{14}$
 $b = 2^2 3^3$



N1

$ab \times bc \times ac = 2^{42} 3^{41} 5^{53}$
 $a^2 b^2 c^2 \geq 2^{42} 3^{41} 5^{53}$

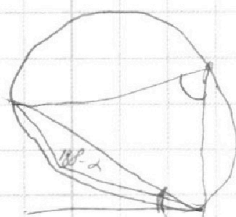
$c = 2^{12} 3^{10} 5^{13}$

$a = 2^7 3^8 5^{17}$

$b = 2^2 3^3$

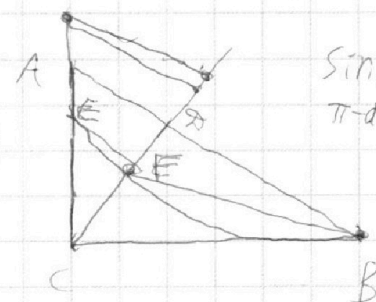
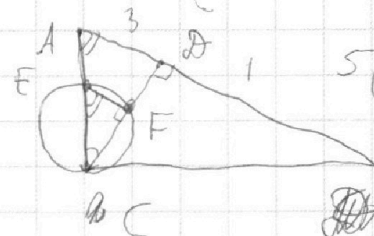
$2^{21} 3^{22} 5^{37}$
 $\sqrt{2}$

$\frac{AB}{BC} =$
 $=$



$\frac{AC}{AB} = \frac{BC}{AB}$

$\angle A = \angle C$
 $= \angle A \times BC$



$\sin X = a$
 $\arcsin(\sin X) =$
 $= X$

$5\left(\frac{\pi}{2} - X\right) =$
 $= X + \pi$

$\frac{4\pi}{2} = 6x$
 $2\pi = 6x$

$2^{21} 3^{24} 5^{30}$
 $x = \frac{\pi}{5}$

$5\left(\frac{\pi}{2} - X\right) = x + \frac{\pi}{2}$

$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = x$

$\sin X = a$
 $\pi - \arcsin a$

$\frac{\pi}{2} - \pi = \arcsin(\cos X) = \frac{X + \pi}{2}$
 $X - \frac{X}{5} - \frac{\pi}{10} + 2\pi K$

$\cos X = \sin \frac{X + \pi}{5}$

$\frac{\pi}{2} - X = \pi - \frac{X + \pi}{5} + 2\pi K$
 $\frac{\pi}{2} - X = \frac{X + \pi}{5} + 2\pi K$

$\sin \frac{\pi}{2} - X$

$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin\left(\frac{x + \pi}{5}\right)$



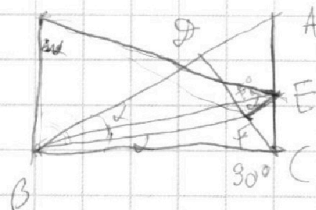
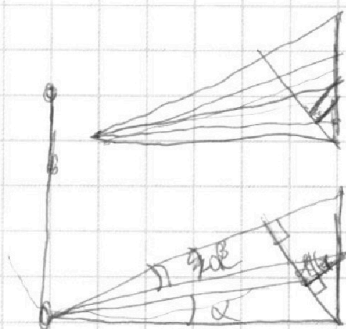
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



$$60^\circ - 2$$
$$30^\circ + \alpha$$

$$120^\circ + \alpha$$

$$\log_3 x = 1$$
$$\log_3 5y = m$$

$$f(t) = f(-m) \quad x > 0$$

$$y > 0$$

$$f(-m)$$

$$f(t) = 7$$

$$f(x) = -7$$

$$4^5 + 16t$$

$$\log_3^4 x + 6 \log_x 3 = \log_x^2 243 - 8$$

$$\log_3^4 5y + 2 \log_{5y} 3 = \log_{25y}^2 (3^{11}) - 8$$

$$\log_3^4 x + 6 \log_x 3 = \frac{1}{2} \log_x 243$$
$$P(-1, 1/2)$$

$$\log_3^4 x + \frac{6}{\log_3 x} = \frac{1}{2} \times 5 - 8 \quad x \log_3 x$$
$$O(0, 0)$$

$$f(x) = 7$$
$$R(2, 0)$$

$$\log_3^4$$

$$3(x_2 - x_1) + (y_2 - y_1) = 33$$

$$2 \log_3^5 5y + 16 = 7$$

$$2 \log_3^5 x + 12 - 5 + 8 \log_3 x = 0$$

$$f(5y) = 7$$

$$2 \log_3^5 x + 18 \log_3 x + 7 = 0$$

$$2t^5 + 16t + 7$$
$$K \in R$$

$$8 + 7 + 11$$

$$m \log m$$

$$\log$$

$$\log_3^4 x + \frac{6}{\log_3 x} = \frac{1}{2} \times 5 \times \log_3 18 - 8$$

$$\log_3^4 5y + 2 \log_{5y} 3 -$$

$$- \frac{11}{2} \log_{5y} 3 + 8 = 0$$

$$2 \log_3^4 x + 12 - 5 + 18 \log_3 x = 0$$

$$2 \log_3^5 5y + (4 - 11) +$$
$$+ 16 \log_3 5y = 0$$

$$2 \log_3^5 x + 18 \log_3 x + 7 = 0$$

$$2 \log_3^5 5y + 16 \log_3 5y - 7 = 0$$

$$f_1(x) = 7$$

$$f_1(x) = f_2(1/4m)$$

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



№ 5

$$1) \begin{cases} \log_3^4 x + 6 \log_x 3 = \log_x^2 243 - 8 \\ \log_3^4 (5y) + 2 \log_{5y} 3 = \log_{25y}^2 (3^{11}) - 8 \end{cases}$$

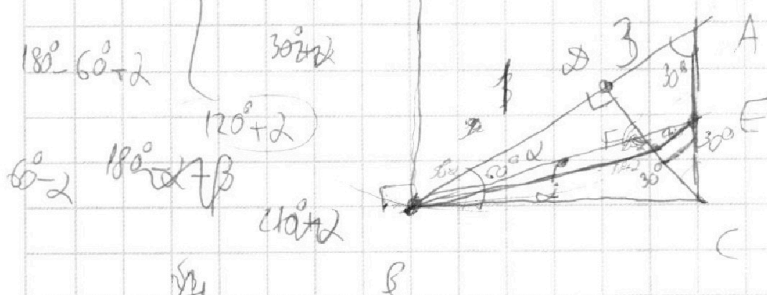
$$t = \log_3 x$$

$$m = \log_3 5y$$

$$\begin{cases} t^4 + \frac{6}{t} = \frac{5}{2} t^2 - 8 \quad | \cdot t \\ m^4 + \frac{2}{m} = \frac{11}{2} m^2 - 8 \quad | \cdot m \end{cases}$$

$$\begin{cases} t^5 - \frac{5}{2} t^2 + 8t + 6 = 0 \\ m^5 - \frac{11}{2} m^2 + 8m + 2 = 0 \end{cases}$$

$$\{ t^5 - m^5 + 3(m^2 - t^2) + 8(t - m) + 2 = 0$$



$$\begin{aligned} & 60-2 \\ & 30 \\ & 60-2 \end{aligned}$$

$$\frac{BD}{DC} = \frac{AD}{AB}$$

$$\begin{aligned} BD \cdot AD &= DC^2 \\ 3DB^2 &= DC^2 \end{aligned}$$

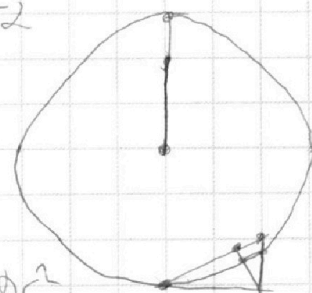
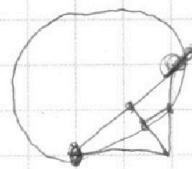
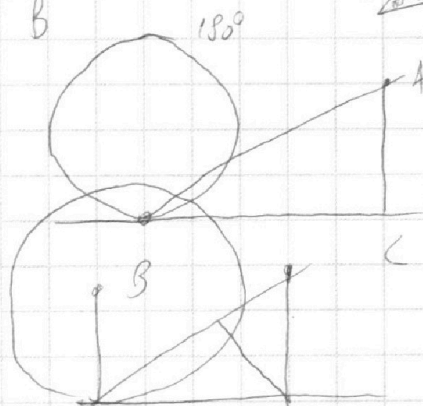
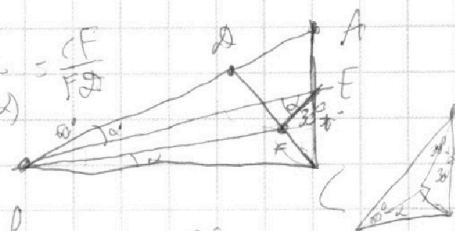
$$\sqrt{3} = \frac{DC}{DB}$$

$$\frac{BC}{BD} = \frac{BD}{BC} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{BC \cdot \sin \alpha}{BD \cdot \sin(60-2)} = \frac{CF}{FD}$$

$$\frac{2 \sin \alpha}{\sin(60-2)} = \frac{CF}{FD}$$

$$\begin{aligned} \sin 60 \cos 2 - \sin 2 \cos 60 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2 - \frac{\sin 2}{2} \end{aligned}$$



$$90+2+30+2$$



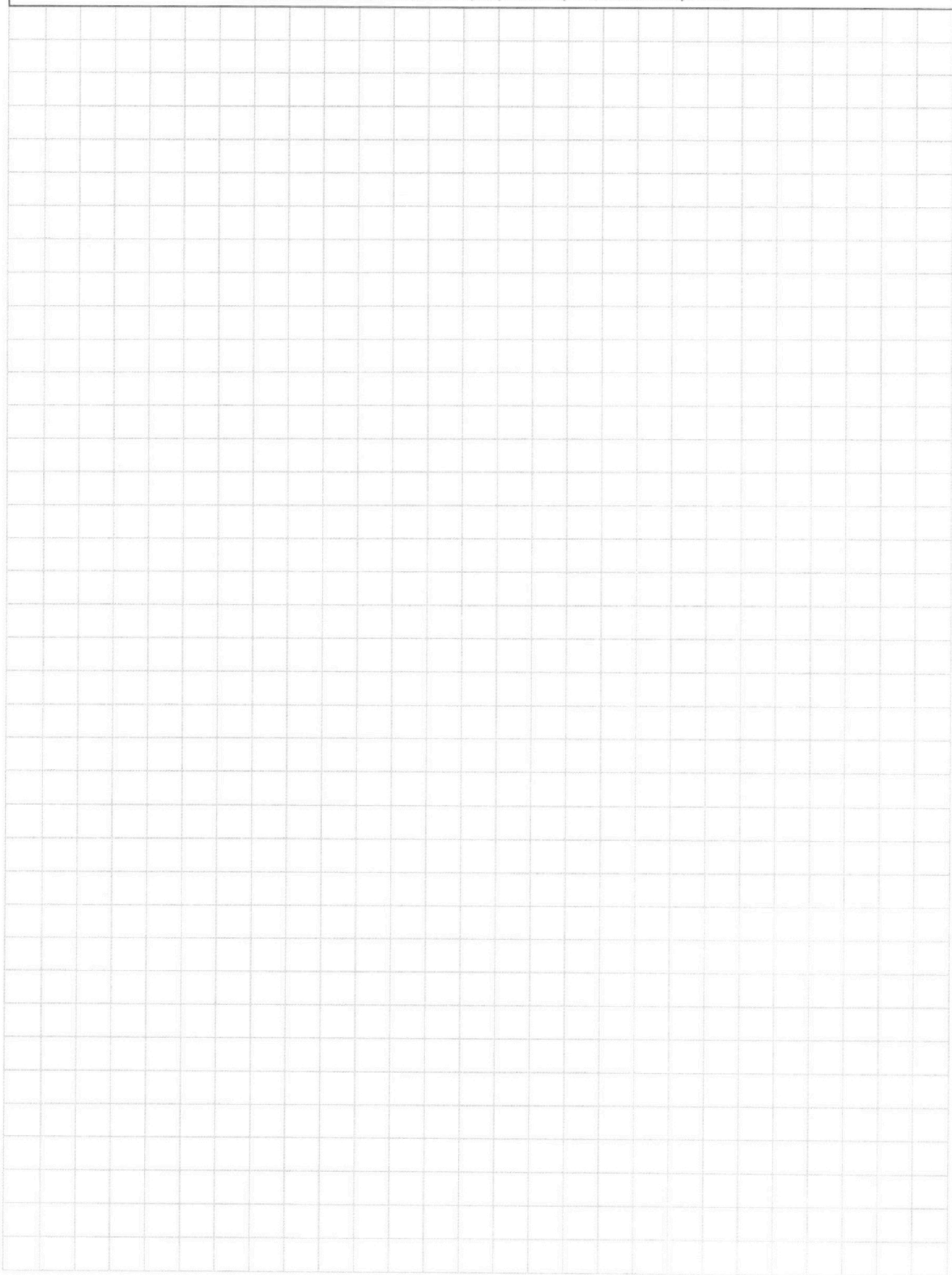
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

