



МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

ОЛИМПИАДА "ФИЗТЕХ"
ПО МАТЕМАТИКЕ

11 КЛАСС. Вариант 2



1. [4 балла] Натуральные числа a, b, c таковы, что ab делится на $2^7 3^{11} 5^{14}$, bc делится на $2^{13} 3^{15} 5^{18}$, ac делится на $2^{14} 3^{17} 5^{43}$. Найдите наименьшее возможное значение произведения abc .

2. [5 баллов] Дан прямоугольный треугольник ABC . Окружность, касающаяся прямой AC в точке A , пересекает высоту CD , проведённую к гипотенузе, в точке E , а катет BC – в точке F . Известно, что $AB \parallel EF$, $AB : BD = 1,3$. Найдите отношение площади треугольника ACD к площади треугольника CEF .

3. [4 балла] Решите уравнение $5 \arccos(\sin x) = \frac{3\pi}{2} + x$.

4. [5 баллов] Найдите все значения параметра a , для каждого из которых найдётся значение параметра b , при котором система уравнений

$$\begin{cases} x + 3ay - 7b = 0, \\ (x^2 + 14x + y^2 + 45)(x^2 + y^2 - 9) = 0 \end{cases}$$

имеет ровно 4 решения.

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

$$\log_7^4(6x) - 2 \log_{6x} 7 = \log_{36x^2} 343 - 4, \quad \text{и} \quad \log_7^4 y + 6 \log_y 7 = \log_{y^2} (7^5) - 4.$$

Найдите все возможные значения произведения xy .

6. [5 баллов] На координатной плоскости дан параллелограмм с вершинами в точках $O(0;0)$, $P(-17;68)$, $Q(2;68)$ и $R(19;0)$. 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 $4x_2 - 4x_1 + y_2 - y_1 = 40$.

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 60, $SA = BC = 10$.

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 , $SN = 3$, а радиус сферы Ω равен 4.

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!

Задача 1. $ab: 2^7 3^4 5^{14}$, $bc: 2^{13} 3^{15} 5^{18}$, $ac: 2^{14} 3^{17} 5^{43}$

Решение:

Пусть $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ - степени входящие 2 в числа a, b, c
 $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ - " " " 3 " " "
 $\alpha_3, \beta_3, \gamma_3$ - " " " 5 " " "

$$\begin{aligned} \text{Т.к. } ab: 2^7 3^4 5^{14} &\Rightarrow \alpha_1 + \beta_1 \geq 7 & \alpha_2 + \beta_2 \geq 4 & \alpha_3 + \beta_3 \geq 14 \\ bc: 2^{13} 3^{15} 5^{18} & \beta_1 + \gamma_1 \geq 13 & \beta_2 + \gamma_2 \geq 15 & \beta_3 + \gamma_3 \geq 18 \\ ac: 2^{14} 3^{17} 5^{43} & \alpha_1 + \gamma_1 \geq 14 & \alpha_2 + \gamma_2 \geq 17 & \alpha_3 + \gamma_3 \geq 43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 &\geq 17 & \alpha_2 + \beta_2 + \gamma_2 &\geq 22 \end{aligned}$$

$\Rightarrow abc \geq 2^{17} 3^{22} 5^{43}$, т.к. степень входя 2 в произв $\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1$,
 а 3: $\alpha_2 + \beta_2 + \gamma_2$, причем, 5^{43} , т.к. степень входя
 $5 = \alpha_3 + \beta_3 + \gamma_3 \geq \beta_3 + \gamma_3 \geq 43$.

Пример:

$$\begin{aligned} a &= 2^4 3^7 5^{20} \\ b &= 2^3 3^4 5^0 \\ c &= 2^{10} 3^0 5^{23} \end{aligned}$$

Ответ: $2^{17} 3^{22} 5^{43}$



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

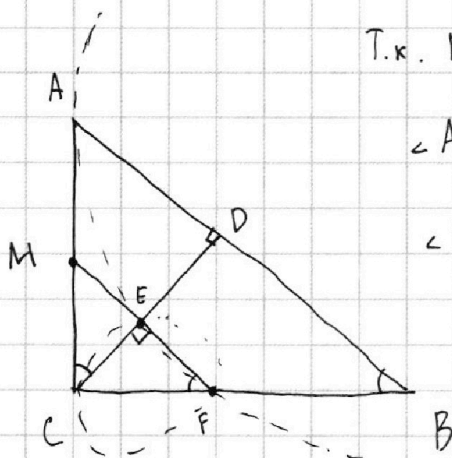
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача 2.



Т.к. $EF \parallel DB \Rightarrow \angle B = \angle EFC = \beta$

$\angle ACD = \beta$, т.к. также как и

$\angle B$ дополняет $\angle A$ до 90°

Т.к. $\angle ACE = \angle CFE \Rightarrow$
AC — кас к окр CEF

EF — радиус окр CEF и AEF

$M = AC \cap EF$, т.к. $M \in$ радиус окр AEF и CEF ($\in EF$) и
лежит на пр AC явл кас к этим окр $\Rightarrow$
 $\deg M(AEF) = MA^2 = \deg M(EFC) = MC^2$
 $\Rightarrow MA = MC$

Т.к. $EF \parallel AB \Rightarrow \frac{EF}{DB} = \frac{CE}{CD} = \frac{CM}{CA} = \frac{1}{2} \Rightarrow EF = \frac{1}{2} DB$ ~~$CE = \frac{1}{2} CD$~~

Т.к. $\frac{AB}{DB} = 1,3 \Rightarrow \frac{DB}{AD} = \frac{10}{3}$, пусть $DB = 10x$, $AD = 3x$

Т.к. ACB — прямоугол треугол и CD — его высота $\Rightarrow CD^2 = AD \cdot DB =$
 $= 30x^2$

$\triangle CEF \sim \triangle ADC$ ($\angle CDA = \angle CEF$, $\angle ACD = \angle CFE$)

$$\Rightarrow \frac{S_{\triangle ADC}}{S_{\triangle CEF}} = \left(\frac{AD}{CE} \right)^2 = \left(\frac{3x}{\frac{1}{2} \sqrt{30} x} \right)^2 = \frac{36}{30} = \frac{6}{5}$$

Ответ: $\frac{6}{5}$.

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!

Задача 3.

$$5 \arccos(\sin x) = \frac{3\pi}{2} + x$$

Пусть: $d = \arccos(\sin x)$ $d \in [0; \pi]$

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

1 вар: $d = \frac{\pi}{2} - x + 2\pi k, k \in \mathbb{Z}$

$$5\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \frac{3\pi}{2} + x$$

$$6x = \pi + 4\pi k$$

$$x = \frac{\pi}{6} + \frac{2}{3}\pi k \Rightarrow d = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} - \frac{2}{3}\pi k = \frac{\pi}{3} - \frac{2}{3}\pi k$$

$$= \frac{\pi}{3} + \frac{2}{3}\pi k \in [0; \pi]$$

$$\Rightarrow k \in \{-1, 0, 1, 2\}$$

$$x_1 = \frac{\pi}{6} + \frac{2}{3}\pi(-1) = -\frac{9}{6}\pi \quad x_4 = \frac{21}{6}\pi$$

$$x_2 = \frac{\pi}{6} \quad x_3 = \frac{11}{6}\pi$$

2 вар: $d = x - \frac{\pi}{2} + 2\pi t, t \in \mathbb{Z}$ $+2\pi k - \frac{5}{3}\pi k$

$$5\left(x - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{3\pi}{2} + x$$

$$4x = 4\pi$$

$$x = \pi \Rightarrow d = \frac{\pi}{2} \in [0; \pi]$$

~~$x = \frac{\pi}{6}$ $x = \frac{11}{6}\pi$~~

$$4x = 4\pi - 10\pi t$$

$$x = \pi - \frac{5}{2}\pi t$$

$$d = \pi - \frac{5}{2}\pi t - \frac{\pi}{2} + 2\pi t = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2}t \in [0; \pi]$$

$$x_5 = -\frac{3}{2}\pi \quad x_6 = \pi \quad x_7 = \frac{7}{2}\pi \Rightarrow t \in \{1, 0, -1\}$$

Ответ: $\frac{\pi}{6}; \frac{11\pi}{6}; \frac{7\pi}{2}; -\frac{3}{2}\pi; \pi.$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

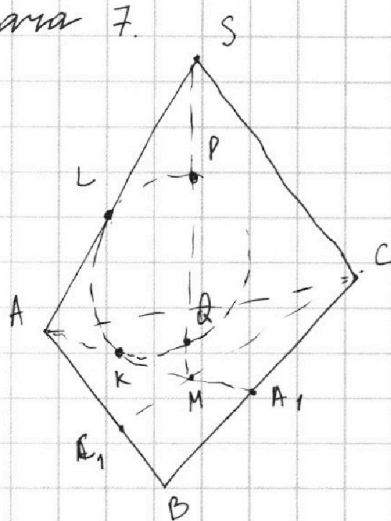
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

МФТИ

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

Задача 7.

a)



Так как $SP = MQ \Rightarrow$ не у.о. P
лежит между S и Q.

Т.к. Ω касается AB и $AM \Rightarrow$

$AL = AK$, как отрезки касательных
к сфере

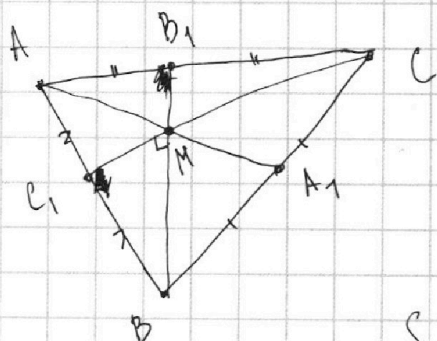
$$SL^2 = SP \cdot SQ \quad (\text{степень точки } S \text{ от } \Omega)$$

$$MQ \cdot MP = SP \cdot SQ = MK^2 \quad (\text{степень точки } M \text{ от } \Omega)$$

$\Downarrow$

$$SL = MK$$

$$AM = AK + KM = AL + SL = AS = 10 = BC. \Rightarrow AA_1 = 15$$



Т.к. M - центр масс $\triangle ABC \Rightarrow$
 $MA_1 = \frac{AM}{2} = 5 = \frac{BC}{2}$

Т.к. $MA_1 = BA_1 = A_1C \Rightarrow \triangle BMC$ - прямоугольн.

$$S_{\triangle ACC_1} = S_{\triangle CC_1B} = 30 \quad (\text{т.к. } \frac{S_{\triangle ACC_1}}{S_{\triangle CC_1B}} = \frac{AC_1}{C_1B} = 1)$$

$$S_{\triangle CC_1B} = \frac{BM \cdot CC_1}{2} = 30$$

$$\Rightarrow BM \cdot CC_1 = 60 \quad \text{т.к. } BB_1 = \frac{3}{2} BM \Rightarrow BB_1 \cdot CC_1 = 90$$

$$\Rightarrow AA_1 \cdot BB_1 \cdot CC_1 = 15 \cdot 90 = 1350.$$



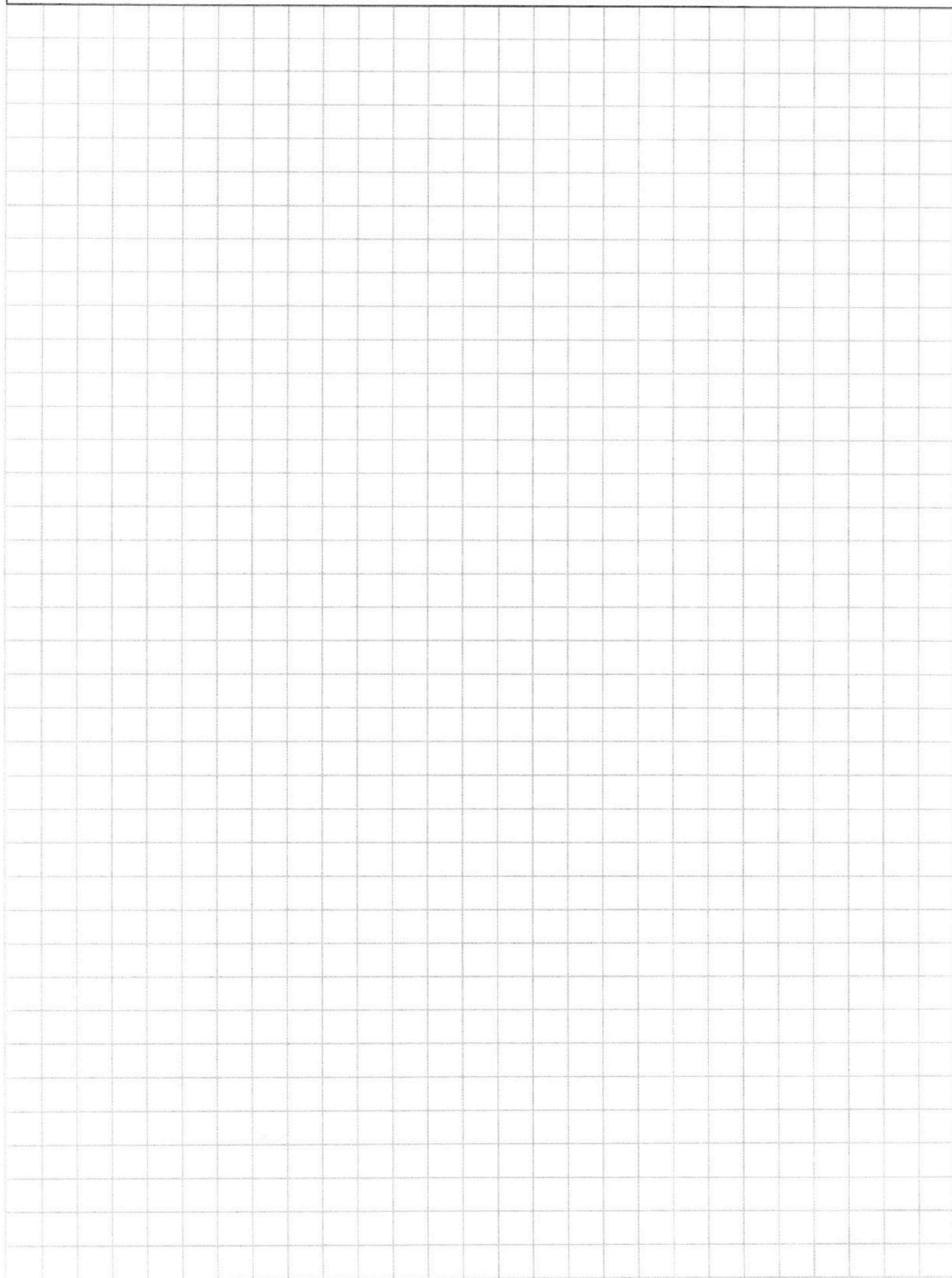
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

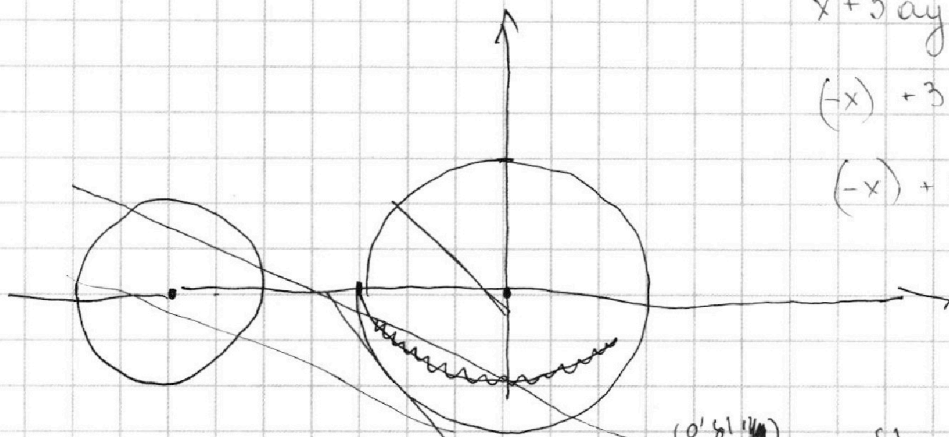
МФТИ

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



$$x + 3ay - 7b = 0$$

$$(x+7)^2 + y^2 - 4 = 0 \quad (x^2 + y^2 - 9) = 0.$$



$$x + 3ay - 7b = 0$$

$$(-x) + 3a(-y) = -7b$$

$$(-x) + 3a(-y) - 7(-b) = 0$$

x, y
 $-x, -y$

$$x + 3ay$$

$$|hl| = |9a + 80a| = 99a$$

$$89 + \frac{1}{2} \cdot 4$$

$$(2h, 1x)$$

$$a = h + s \frac{x}{E} + h s$$

$$a = h + \frac{x}{E} - \frac{1}{h}$$

$$(2h-2h) + (1x-2x)$$

$$L_2 + (x_2 + b_2)$$

$$L_2 x_2 + b_2 = x_2 + b_2 + L_2 x_2$$

$$x = L_2 x$$

$$0 = (L_2 x_2 + b_2) \frac{x}{E} + (x_2 + b_2) - (L_2 x_2 + b_2)$$

$$0 = L_2 x_2 \frac{x}{E} + (L_2 x_2 + b_2) - (L_2 x_2 + b_2)$$

$$L_2 x_2 \frac{x}{E} = L_2 x_2 + b_2 - (L_2 x_2 + b_2)$$

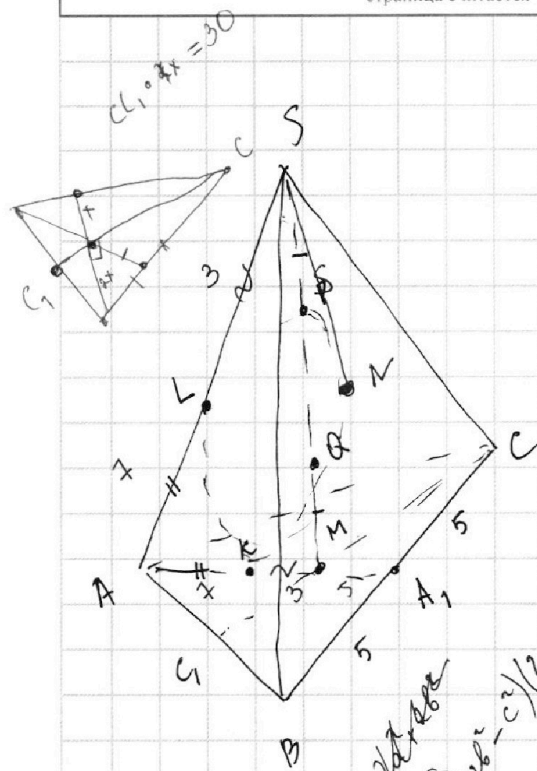
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



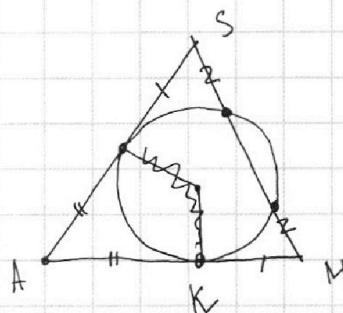
$$SL^2 = SP \cdot SQ$$

$$MK^2 = MQ \cdot MP$$

$$S_{ABCL} = 60$$

$$SA = BC = 10$$

$$SA = AM = 10$$



0;0

(19;0)

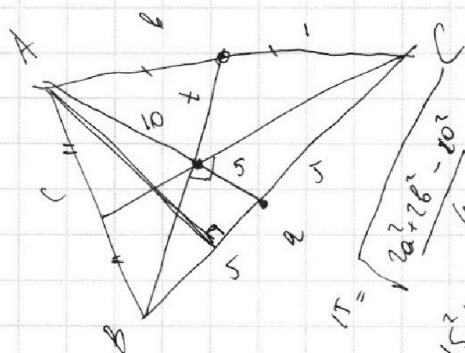
$A(x_1; y_1)$ $B(x_2; y_2)$

$$\left(\frac{1}{\log_{6x} 7}\right)^4 - 2 \log_{6x} 7 = \frac{3}{2} \log_{6x} 7 - 4$$

$$\left(\frac{1}{\log_y 7}\right)^4 + 6 \log_y 7 = \frac{5}{2} \log_y 7 - 4$$

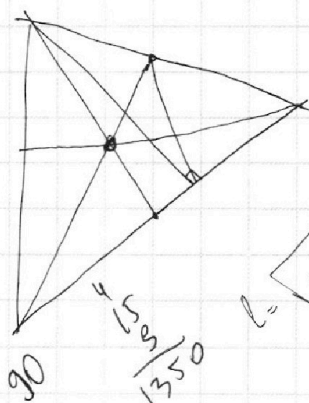
$$t = \sqrt{\frac{2a^2 + b^2 - a^2}{4}}$$

$$4(x_2 - x_1) + y_2 - y_1 = 40$$

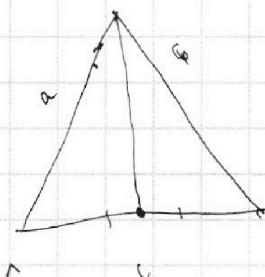


$$15 = \sqrt{\frac{2a^2 + b^2 - a^2}{4}}$$

$$15^2 + 10^2 = 2a^2 + b^2$$



$$t = \sqrt{\frac{2a^2 + b^2 - a^2}{4}}$$



$$15^2 + 5^2 - 2 \cdot 15 \cdot 5 \cos \alpha = c^2$$

$$15^2 + 5^2 + 2 \cdot 15 \cdot 5 \cos \alpha = b^2$$

$$c^2 + b^2 = 15^2 + 5^2$$

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!



$$ab: 2^7 3^1 5^{14}$$

$$bc: 2^{13} 3^{15} 5^{18}$$

$$ac: 2^{14} 3^{17} 5^{43}$$

$$5^4 3^{17} 2^{14}$$

$$a = 2^7$$

$$b = 2^{13}$$

$$c = 2^{14}$$

$$14 \ 4 \ 3 \ 18$$

$$82 \ 75$$

$$7 \ 13 \ 14$$

$$11 + 15 + 17 = 43$$

$$17, 22, 43$$

$$d = (x \cos \alpha) \cos \gamma \cos \beta$$

$$x \cos \alpha = 480$$

$$p = (x \cos \alpha) \cos \beta \cos \gamma$$

$$a = 2^{d_1} 3^{d_2} 5^{d_3}$$

$$b = 2^{p_1} 3^{p_2} 5^{p_3}$$

$$c = 2^{q_1} 3^{q_2} 5^{q_3}$$

$$d_1 + p_1 \geq 7 \quad 11 \quad 14$$

$$p_1 + q_1 \geq 13 \quad 15 \quad 17 \quad d_1 = 4 \quad p_1 = 3$$

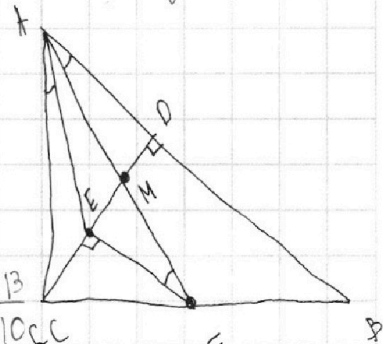
$$d_1 + q_1 \geq 14 \quad 17 \quad 13 \quad q_1 = 10$$

$$d_1 + p_1 + q_1 \geq 17$$

$$d_2 = 7 \quad d_3 = 20$$

$$p_2 = 4 \quad p_3 =$$

$$q_2 = 1 \quad q_3 = 28$$



$$d_2 + p_2 \geq 14$$

$$p_2 + q_2 \geq 18$$

$$d_2 + q_2 \geq 43$$

$$43 + 18 - 14 = 47$$

$$II = x$$

$$II_h = x_h$$

$$EF = \frac{5x}{130}$$

$$DC = \frac{5x}{130}$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$x - \frac{5x}{130} = p$$

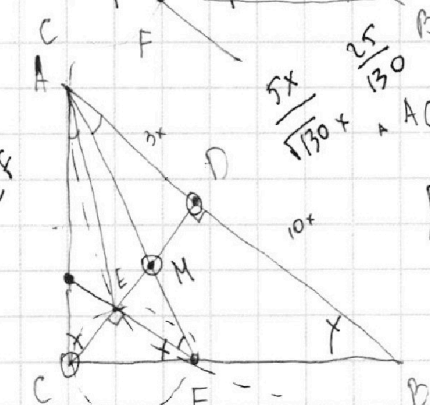
$$x - \frac{5x}{130} = p$$

$$3x \cdot 5x = \frac{DC}{2} = \frac{130x}{2}$$

$$\frac{CD \cdot AD}{CE \cdot EF} = \frac{DC}{EF}$$

$$\frac{AD}{CE} = \frac{DC}{EF}$$

$$\sqrt{130}$$



$$\triangle CEF \sim \triangle ADC$$

$$ACE \sim \triangle ABF$$

$$\frac{BF}{FC} = \frac{CM}{MD} = 1$$

$$\frac{CE}{ED} = \frac{MD}{MC}$$

$$\frac{9}{11} + \frac{9}{11} = \frac{9}{11}$$

$$\frac{9}{11} + \frac{9}{11} = \frac{9}{11}$$

$$= x \cos \alpha = 480$$

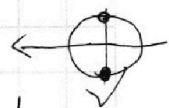
$$MF$$

$$\frac{BF}{FC} = \frac{CM}{MD} = 1$$

$$x \cos \alpha = 480$$

$$d = (x \cos \alpha) \cos \beta \cos \gamma$$

$$x + \frac{9}{11} = (x \cos \alpha) \cos \beta \cos \gamma$$



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



$$\log_7^4(6x) - 2 \log_{6x} 7 = \log_{36x^2} 343 - 4$$

xy

$$\log_7^4 y + 6 \log_y 7 = \log_{y^2} (7^5) - 4$$

$6x > 0$
 $6x \neq 1$
 $y > 0$
 $y \neq 1$
 $y \neq -1$

$$(\log_7 6x)^4 - 2 \frac{1}{\log_7 6x} = \log_a b \cdot \log_b a = 1$$

7^3 $\frac{6}{43}$
 343 $\frac{7}{7}$

$$\left(\frac{1}{\log_{6x} 7} \right)^4 - 2 \log_{6x} 7 = \frac{3}{2} \log_{6x} 7 - 4$$

$$\left(\frac{1}{\log_y 7} \right)^4 + 6 \log_y 7 = \frac{5}{2} \log_y 7 - 4$$

$$t^4 = \frac{7}{2} \frac{1}{t} - 4$$

$$\left(\frac{1}{\log_{6x} 7} \right)^4 = \frac{7}{2} \log_{6x} 7 - 4$$

$$\frac{1}{\log_{6x} 7}$$

$$s^4 = -\frac{7}{2s} - 4$$

$$\left(\frac{1}{\log_y 7} \right)^4 = -\frac{7}{2} \log_y 7 - 4$$

$$t^4 + 4 \geq 2t^2$$

$$a^2 + b^2 \geq 2ab$$

$$f(x) = \left(\frac{1}{\log_x 7} \right)^4 + \frac{7}{2} \log_x 7 + 4$$

$$\frac{7}{2}$$

$$0 = t - \frac{7}{2} + s \frac{7}{2}$$

$$0 = \frac{7}{2} - 7h + s \frac{7}{2}$$

$$\frac{t^4}{2} - \frac{7}{2} \cdot \frac{1}{t} + 4 = 0$$

$$0 = h + \frac{7}{2} + s$$

$$0 = h + \frac{7}{2} - s$$

$$h - \frac{7}{2} = t \log_7 7 + (h + b a)$$

$$h - t \log_7 7 = t \log_7 7 - (h + b a)$$