



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.

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!

Пусть $v_p(k)$ - это степень делимости простого
числа p в числе k ,

тогда $v_p(ab) = v_p(a) + v_p(b)$ и

если $ab \equiv p^k$, то $v_p(ab) \geq k$ и

тогда

$$\begin{cases} v_2(a) + v_2(b) \geq 15 \\ v_2(b) + v_2(c) \geq 17 \\ v_2(a) + v_2(c) \geq 23 \end{cases} +$$

$$2(v_2(a) + v_2(b) + v_2(c)) \geq 55, +$$

$$v_2(a) + v_2(b) + v_2(c) \geq 28, \text{ т.к. } v_p(k) - \text{целое}$$

и минимум достигается, если:

$$\begin{aligned} v_2(b) &= 5 \\ v_2(a) &= 10 \\ v_2(c) &= 13 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} v_7(a) + v_7(b) \geq 11 \\ v_7(b) + v_7(c) \geq 18 \\ v_7(a) + v_7(c) \geq 39 \end{cases}$$

$$v_7(a) + v_7(b) + v_7(c) \geq v_7(a) + v_7(c) \geq 39.$$

минимум достигается, если

$$\begin{aligned} v_7(b) &= 0 \\ v_7(a) &= 20 \\ v_7(c) &= 19, \text{ т.е.} \end{aligned}$$

$$v_2(abc) \geq 28, v_7(abc) \geq 39 \Rightarrow abc \geq 2^{28} \cdot 7^{39}$$

при $b = 2^5$
 $a = 2^{10} \cdot 7^{20}$
 $c = 2^{13} \cdot 7^{19}$

Ответ: $2^{28} \cdot 7^{39}$



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!

Будем обозначать $\text{НОД}(a, b)$ как (a, b)

Дробь $\frac{a}{b}$ несократима $\Rightarrow (a, b) = 1$

Заметим тогда, что $(ab, a+b) = 1$

$$\frac{a^2 - 7ab + b^2}{a+b} = \frac{(a+b)^2 - 9ab}{a+b} = a+b - \frac{9ab}{a+b}$$

Если упрощенная дробь сократима на m , тогда и

$$\frac{9ab}{a+b} : m \text{ сократима на } m,$$

$$\text{но } (ab, a+b) = 1 \Rightarrow$$

$$(9, a+b) : m, \text{ но}$$

$$(9, a+b) \leq 9 \Rightarrow m \leq 9.$$

~~Максимум~~ Максимум достигается при $a=4$,
 $b=5$

$$\frac{9}{4+5} = \frac{9}{9} = 1. \text{ Ответ: } 9$$

⊗ нуль нет и

$$(ab, a+b) : p,$$

тогда

$$(a+b)b - ab : p,$$

$$\text{тогда } b^2 : p,$$

$$\text{тогда } b : p,$$

$$\text{но } a+b : p \Rightarrow$$

$$a : p \Rightarrow$$

$$(a, b) \neq 1,$$

противоречие

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!



Т.к. AB касается ω , то $OC \perp AB$ и $OC = 7$

тогда рассмотрим $\triangle AOB$

Введем OC -высоту и $OC = 7$,
радиус описанной окружности R

$$\frac{AC}{CB} = \frac{7}{17}$$

Пусть $\angle OAB = \alpha$, $\angle ABO = \beta$,

$$\frac{AC}{CB} = \frac{OC \cdot \cot \alpha}{OC \cdot \cot \beta} = \frac{\cot \alpha}{\cot \beta} = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{7}{17}$$

$$OB = \frac{OC}{\sin \beta} = \frac{7}{\sin \beta}$$

По Талесу:

$$\frac{OB}{\sin \alpha} = 2R = 26, \Rightarrow \frac{7}{\sin \beta \cdot \sin \alpha} = 26 \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{49}{676 \sin^2 \alpha}$$

$$\tan^2 \beta = \frac{\sin^2 \beta}{1 - \sin^2 \beta} = \frac{49}{676 \sin^2 \alpha - 49}, \text{ где } \sin^2 \alpha = \frac{\tan^2 \alpha}{1 + \tan^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$\tan^2 \beta = \frac{49}{676 \tan^2 \alpha - 49} \quad \text{и} \quad \tan^2 \beta = \frac{49}{289 \tan^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$\frac{49}{289} \tan^2 \alpha = \frac{49}{676 \tan^2 \alpha - 49}$$

Пусть $\tan^2 \alpha = t$

$$\frac{49}{289} t = \frac{49}{676t - 49 - 49t}$$

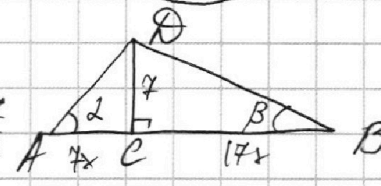
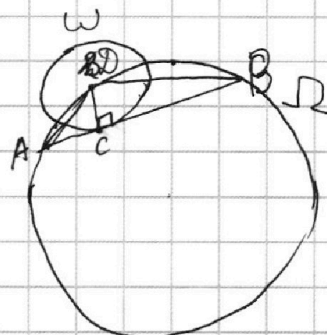
$$627t^2 - 289t - 338 = 0$$

уравняем $t = 1$

$$(t - 1)(627t + 338) = 0$$

Заметим, что $\angle OAB > 0$

и так как OC — высота, соединяет
центр O с хордой, и касательной AB от точки



$$\Rightarrow \tan^2 \alpha < 90^\circ \Rightarrow \tan < 0$$

$$\text{а } t = \tan^2 \alpha \Rightarrow$$

$$\tan^2 \alpha = \pm 1 \Rightarrow \tan^2 \alpha = 1 \Rightarrow$$

$$\alpha = 45^\circ, \text{ тогда}$$

$$AC = 7, BC = 17 \Rightarrow$$

$$AB = 24$$

Ответ: 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!



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

Умножим на сопряжённое

$$3x^2-6x+2 - 3x^2-3x-1 = 1-9x$$

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

$$1-9x = 1-9x$$

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

$$x \neq \frac{1}{9} \Rightarrow$$

ОДЗ: у первого $(-\infty, 3-\sqrt{3}) \cup (3+\sqrt{3}, +\infty)$
у второго x -любый

если $x = \frac{1}{9}$, то

$$3x^2-6x+2 = \frac{37}{27}$$

$$3x^2+3x+1 = \frac{27}{27} \Rightarrow \text{логарифм}$$

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

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

$$12x^2-24x+8 = 4+81x^2-36x$$

$$69x^2-12x-4=0$$

$$D = 144 + 108 \cdot 69 = 16 \cdot 78 = 1248 = (4\sqrt{13})^2 \quad x_{1,2} = \frac{12 \pm 4\sqrt{13}}{2 \cdot 69} =$$

$$x_{1,2} = \frac{3 \pm \sqrt{13}}{69} \quad \text{или} \quad = \frac{6 \pm 2\sqrt{13}}{69}$$

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

$$12x^2+12x+4 = 81x^2$$

$$69x^2-12x-4=0, \text{ не подходит, кор при } x=0$$

$$\frac{6 \pm 2\sqrt{13}}{69}, \text{ корни такие же}$$

$$69x^2-12x-4 \text{ не может быть равно 0}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐

МФТИ

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



№ 6

Всего уравнение -

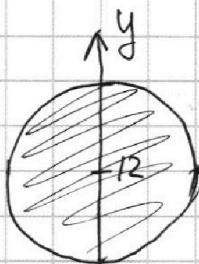
это 2 окружности

Второе уравнение -

прямая и она должна

быть касательной к

одной из окружностей



Т.е. таких прямых 4 -

2 внешние и 2 внутренние

касательные. Т.к. окружности

симметричны относительно

Oy, то точки пересечения

2 внешних и 2 внутренних

секают на Oy, при этом

они же центры коно-

стических, переводящих одну

окружность в другую, т.е.

$\Phi(0; 2; 4)$ - точка пересечения внутренних касательных,

$\Phi(0; 0)$ - точка пересечения внешних касательных

Точка B

к большой и малой окружностям касательная линия

$$2,4^2 - 1^2 = 4,76$$

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

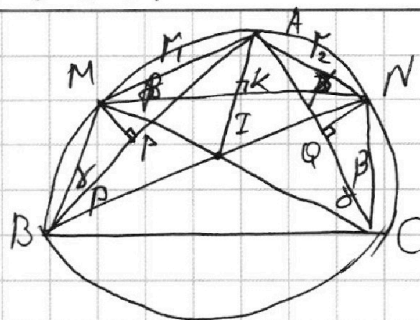
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N7

Если N - середина дуги AC , то
 BN - биссектриса $\angle ABC$, аналогично
 CM - биссектриса $\Rightarrow$

$BN \cap CM = I$, I - центр вписанной
окружности $\Rightarrow$ нам
нужно найти AI



По lemma о треугольнике $AM = MI = BM = r_1$

$$AN = NI = NC = r_2 \Rightarrow$$

MN - средний перпендикуляр
к AI , то есть $MN \perp AI$ и делит
пополам.

Пусть $\angle ABN = \beta$, тогда $\angle ABN = \angle ACN =$
 $= \angle AMN = \beta$.

Пусть $MP \perp AB$
 $P \in AB$,

Пусть $\angle ACM = \gamma$, тогда $\angle ACM = \angle ABM =$
 $= \angle ANM = \gamma$

$NQ \perp AC$, $Q \in AC$.

Тогда: $MP = r_1 \cdot \sin \gamma = 5$, по условию
 $NQ = r_2 \cdot \sin \beta = 2,5$, по условию

Пусть $AI \cap MN = K$. Тогда $AK = r_2 \cdot \sin \gamma = r_1 \cdot \sin \beta$

$$AI = 2AK = 2r_1 \cdot \sin \beta =$$

$$= 2 \cdot \frac{5}{\sin \gamma} \cdot \frac{\sin \gamma}{\sqrt{2}} = 5\sqrt{2}$$

Ответ: $5\sqrt{2}$

$$2,5 \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} = 5 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} \Rightarrow$$

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} = \sqrt{2}, \text{ т.к. } \sin \beta > 0$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{2}}$$



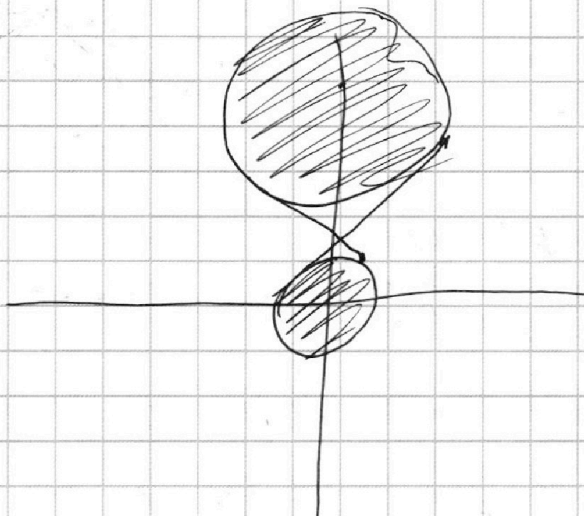
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

$$9-12$$

$$36-24=12$$

$$3x^2-6x+2 - 3x^2-3x-1 = 1-9x$$

$$1-9x=0$$

$$\frac{6 \pm 2\sqrt{3}}{2}$$

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

$$x = \frac{1}{9}$$

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

$$\frac{1}{27} - \frac{6}{9} + 2$$

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

$$3x^2-6x+2 = \frac{1}{27} - \frac{6}{9} + 2$$

$$12x^2-24x+8 = 4+8/x^2-36x$$

$$\frac{1-18+54}{27}$$

$$69x^2-12x-8=0$$

$$3x^2+3x+1 = \frac{1}{27} - \frac{6}{9} + 2$$

$$23 \cdot 3$$

$$4 \cdot 2$$

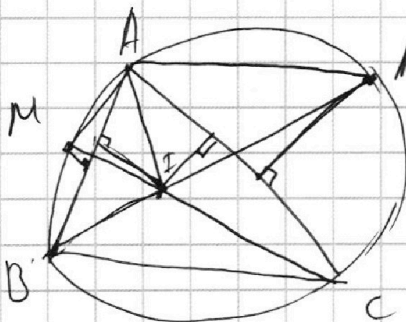
$$144 + 32 \cdot 69$$

$$16(9+2 \cdot 69) = 188$$

$$147$$

$$16 \cdot 147$$

$$= 1+9+27$$



$$M_1 =$$

$$M_1 \cdot \sin \alpha = M_2 \cdot \sin \beta$$

$$M_1 = \frac{5}{\sin \alpha} \quad M_2 = \frac{2,5}{\sin \beta}$$

$$M_1 \text{ и } M_2$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{2,5}{5} \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

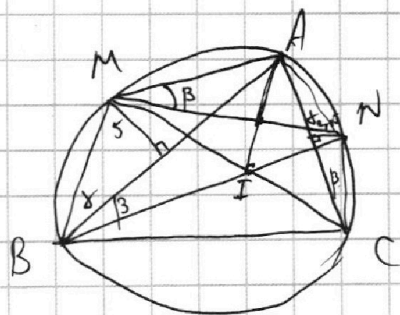
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \sqrt{2} \Rightarrow 2r_1 \sin \alpha = \frac{2,5}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sqrt{2}} = \sqrt{5}$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{2}}$$

$$AI = 2r_1 \cdot \sin \alpha = 2r_2 \cdot \sin \beta$$

$$M_1 = \frac{5}{\sin \alpha}$$

$$M_2 = \frac{2,5}{\sin \beta}$$



$$144 + 32 \cdot 69$$

$$\sqrt{147} \pm 21$$

$$28\sqrt{3}$$

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!

$$\frac{4}{\sin \beta \cdot \sin \alpha} = 26 \quad \frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{7}{17} \quad , \tan \alpha = ?$$

$$\Downarrow$$

$$\sin \beta = \frac{7}{26 \sin \alpha} \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{49}{676 \sin^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \beta = 1 - \frac{49}{676 \sin^2 \alpha} = \frac{676 \sin^2 \alpha - 49}{676 \sin^2 \alpha}$$

$$\tan \beta = \frac{49}{676 \sin^2 \alpha - 49}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{\left(\frac{676 \cdot \tan^2 \alpha}{1 + \tan^2 \alpha} - 49 \right) \tan^2 \alpha} = \frac{1}{289}$$

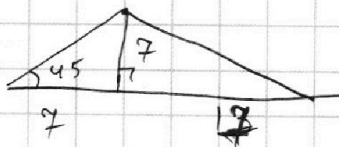
$$\cancel{676 \tan^2 \alpha} - 49 \tan^2 \alpha = 289 + 289 \tan^2 \alpha \quad \alpha = \tan \alpha$$

$$\frac{676 x^2}{1+x} - 49x = 289 \quad | \cdot (1+x)$$

$$676 x^2 - 49 - 49x^2 = 289 + 289x$$

$$627 x^2 - 289x - 338 = 0 \quad (x=1)$$

$$6(x-1)(627x+338) \quad x=1$$



$$\begin{array}{r} 169 \\ 7^2 \cdot 49 \\ \hline 228 \\ 109 \\ 289 \\ + 49 \\ \hline 338 \end{array}$$

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!



$a =$

$b =$

$c =$

$$\sqrt{2}(a) + \sqrt{2}(b) \geq 15$$

$$\frac{abc}{4R} = \frac{1}{2} h \cdot \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$\sqrt{2}(b) + \sqrt{2}(c) \geq 17$$

$$\sqrt{2}(a) + \sqrt{2}(c) \geq 23 \quad \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

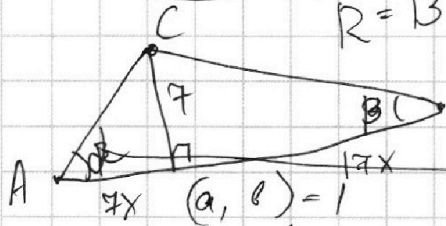
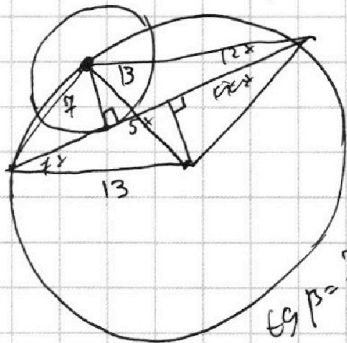
$$\sqrt{2}(a) + \sqrt{2}(b) + \sqrt{2}(c) \geq \frac{85}{2} 28$$

$$\sqrt{7}(a) + \sqrt{7}(b) \geq 11$$

$$\sqrt{7}(b) + \sqrt{7}(c) \geq 18$$

$$\sqrt{7}(a) + \sqrt{7}(c) \geq 39$$

$$\sqrt{7}(a) + \sqrt{7}(b) + \sqrt{7}(c) \geq 39$$



$$\frac{a^2 - 7ab + b^2}{a+b} = \frac{(a+b)^2}{a+b} - \frac{9ab}{a+b} = \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$\frac{7}{\text{---}} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = \frac{7}{\text{---}}; (a+b) = \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

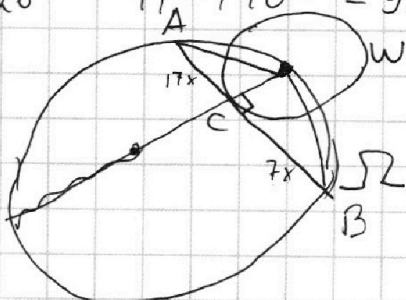
$$ab - (a+b)b = d$$

$$ab = d$$

$$\frac{\sin^2 \beta \cdot \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{49}{259} \quad \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$\frac{7}{\sin \beta \cdot \sin \alpha} = 26$$

$$41 - 140 = -99$$



$$\frac{49 \cos^2 \alpha}{26^2 \cdot \cos^2 \beta \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{49}{289}$$

$$27 - \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$36 - \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$13 \cdot 12$$

$$\cos^2 \beta = \frac{13 \cdot 14}{12 \cdot 14}$$

$$1 - \sin^2 \beta = \frac{12 \cdot 14}{13 \cdot 14}$$

$$1 - \frac{49}{26^2 \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{12 \cdot 14}{13 \cdot 14}$$