МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Математика**

ФИО участника олимпиады: **Шибаев Александр Михайлович**

Класс: **11 класс**

Технический балл: **90**

Дата проведения: **13 марта 2022 г.**

Результаты проверки:

№	1	2	3	4	5	6	7
Оценка	15	15	15	15	15	0	15

Задача №1

$$4+2\sqrt{3} = (\sqrt{3}+1)^2 \Rightarrow \sqrt[6]{4+2\sqrt{3}} = \sqrt[3]{\sqrt{3}+1}$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{(\sqrt{3}+1)\cdot(\sqrt{3}-1)}{2}} = \sqrt[3]{\frac{3-1}{2}} = 1$$

$$\frac{3}{(1\cdot 2)^2} = \left(\frac{1}{1}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$\frac{5}{(2\cdot 3)^2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{3}\right)^2$$

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

т.е. $\frac{2i+1}{(i\cdot(i+1))^2} = \left(\frac{1}{i}\right)^2 - \left(\frac{1}{i+1}\right)^2 = \frac{(i+1)^2 - i^2}{(i\cdot(i+1))^2} = \frac{2i+1}{(i\cdot(i+1))^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow B = \left(\frac{1}{1}\right)^2 - \cancel{\left(\frac{1}{2}\right)^2} + \cancel{\left(\frac{1}{2}\right)^2} - \cancel{\left(\frac{1}{3}\right)^2} + \cancel{\left(\frac{1}{3}\right)^2} - \cancel{\left(\frac{1}{4}\right)^2} + \ldots + \cancel{\left(\frac{1}{59}\right)^2} - \left(\frac{1}{60}\right)^2 = 1 - \left(\frac{1}{60}\right)^2 < 1 \Rightarrow$$

⇒ А больше

Ответ: А.

Задача №2

Все числа (двузначные) $\vdots 19$: 00, 19, 38, 57, 76, 95

$\vdots 23$: 00, 23, 46, 69, 92

Т.к. число начинается с 4 ⇒ след. цифра: 6, т.к. 46 $\vdots$ 23, а никакие другие двузначные числа, начинающиеся с 4 не $\vdots$ 19 и $\vdots$ 23. Аналогично — после 6 идет 9. Теперь возможны 2 случая:

①: 4692 — в первом случае после 2 идет 3, после 3 идет 8, но нет подходящих 2значных чисел, начинающихся на 8 ⇒ 8 может быть только в самом конце.

②: 4695 — после 5 идет 7, после 7 идет 6.

Получили: 469576 - и аналогичным образом мы получаем, что после 6 идет 9, далее 5, потом 7, и опять: 6, 9, 5, 7 и т.д.

т.е. число принимает вид: $4\underbrace{\underbrace{6957}\underbrace{6957}\ldots\underbrace{6957}}_{504 \text{ „блока" } 6957}\underbrace{a_1a_2a_3a_4a_5}$ -

в конце осталось 5 цифр (т.к. всего цифр $2022 = 4\cdot504 + 1 + 5$), то

эти 5 цифр могут быть: 69576, 69238 - т.к. последняя цифра 504 блока - это $7 \Rightarrow a_1$ - это 6, a_2 - это 9.

А дальше возможны случаи:

95 - тогда после 5 идет 7, после 7 - 6
92 - после 2 - 3, после 3 - 8 $\Rightarrow$

Последняя цифра либо 6 либо 8

Ответ: 6 или 8

Задача №3

$$f(f(x)) = \frac{1}{\sqrt[7]{1-\frac{1}{1-x^7}}} = \frac{1}{\sqrt[7]{\frac{1-x^7-1}{1-x^7}}} = \frac{1}{\sqrt[7]{\frac{x^7}{x^7-1}}} = \frac{\sqrt[7]{x^7-1}}{x} \quad \left(\text{т.к. } (f(x))^7 = \frac{1}{1-x^7}\right)$$

$$f(f(f(x))) = \frac{1}{\sqrt[7]{1-(f(f(x)))^7}} = \frac{1}{\sqrt[7]{1-\frac{x^7-1}{x^7}}} = \frac{1}{\sqrt[7]{\frac{x^7-x^7+1}{x^7}}} = \frac{1}{\frac{1}{x}} = x \Rightarrow$$

$\Rightarrow f(f(f(x))) = x \Rightarrow$

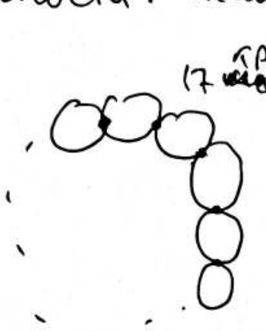
$\underbrace{f(f(f(f\ldots f(x))\ldots)}_{1304 \text{ раза}} = f(f(x))$ - т.к. $1304 \equiv_3 2$

$f(f(x)) = \frac{\sqrt[7]{x^7-1}}{x} \Rightarrow f(f(2022)) = \frac{\sqrt[7]{2022^7-1}}{2022}$

Ответ: $\frac{\sqrt[7]{2022^7-1}}{2022}$

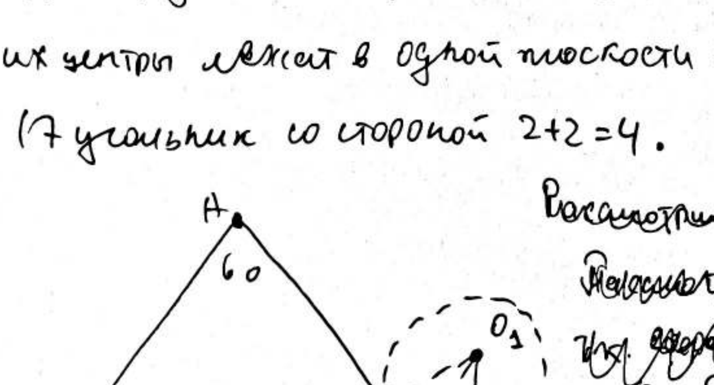
Задача № 4

т.к. центры всех 17 шаров находятся на расстоянии 2 от плоскости основания (т.к. все шары касаются плоскости основания и лежат по одну сторону от этой плоскости) ⇒ все центры 17 шаров лежат в одной плоскости. Рассмотрим эту плоскость:



~~- Т.к. все 17 шаров касались двух соседних ⇒~~
~~⇒ точка касания лежит на отрезке, соедин.~~

Если 2 шара касаются внешним образом, то точка их касания лежит на отрезке, соединяющем их центры. ~~Если радиусы этих двух~~ ⇒ длина это отрезка равна сумме радиусов шаров. ⇒ Т.к. все 17 шаров касаются соседей и их центры лежат в одной плоскости ⇒ их центры образуют правильный 17 угольник со стороной $2+2=4$.

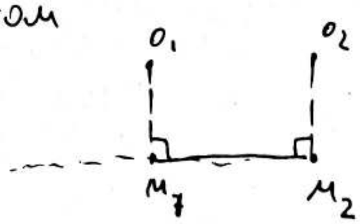


~~Рассмотрим окружность, касающуюся AB –~~
~~Рассмотрим плоскость~~
~~Т.к. шар касается~~

Рассмотрим один из шаров с центром O_1. Т.к. он касается AB и BX ⇒

⇒ BO_1 – бисс. $\angle ABX$, а т.к. $AD=AB$ ⇒ $\triangle ABD$ – р/б с углом при вершине 60 ⇒ ⇒ он правильный ⇒ $\angle ABD=60^\circ$ ⇒ $\angle ABX=120^\circ$ ⇒ т.к. BO_1 – бисс. ⇒ $\angle O_1BM_1=60^\circ$. M – точка касания шара с плоскостью основания ⇒ $O_1M_1=2$ ⇒ $BM_1=\frac{2}{\sqrt3}$ ⇒ ⇒ $OM_1=r+\frac{2}{\sqrt3}$. Аналогично получаем точки M_2, M_3 и т.д. и $OM_2=OM_3=\ldots=OM_{17}=r+\frac{2}{\sqrt3}$

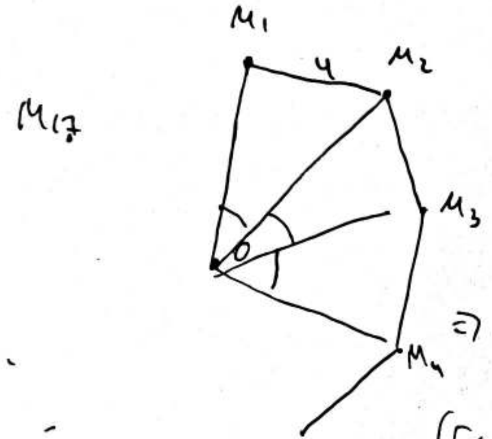
при этом



$\angle O_1M_1M_2 = 90$, $\angle O_2M_2M_1 = 90$ > т.к. M_1M_2 лежит в плоскости основания и O_1M_1 и $O_2M_2 \perp$ плоскости основания и $O_1M_1 = O_2M_2 = 2 \Rightarrow$

$\Rightarrow O_1M_1O_2M_2$ - параллелограм с прямыми углами $\Rightarrow$ - прямоугольник $\Rightarrow$

$\Rightarrow \begin{cases} O_1O_2 = M_1M_2 \\ O_1O_2 \parallel M_1M_2 \end{cases} \Rightarrow M_1M_2M_3 \ldots M_{17}$ - правильный угольник со стороной 4



Тогда O - центр этого 17угольника $\Rightarrow$

$\Rightarrow \angle M_1OM_2 = \frac{2\pi}{17}$

$OM_1 = OM_2 = r + \frac{2}{\sqrt{3}} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ по т. косинусов: $16 = 2\cdot\left(r+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 - 2\cdot\left(r+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot \cos\frac{2\pi}{17} \Rightarrow$

$$\left(r+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2\left(1-\cos\frac{2\pi}{17}\right) = 8$$

$$r+\frac{2}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{8}{1-\cos\frac{2\pi}{17}}}$$

$$r = \sqrt{\frac{8}{1-\cos\frac{2\pi}{17}}} - \frac{2}{\sqrt{3}}$$

Ответ: $\sqrt{\frac{8}{1-\cos\frac{2\pi}{17}}} - \frac{2}{\sqrt{3}}$

Задача №5.

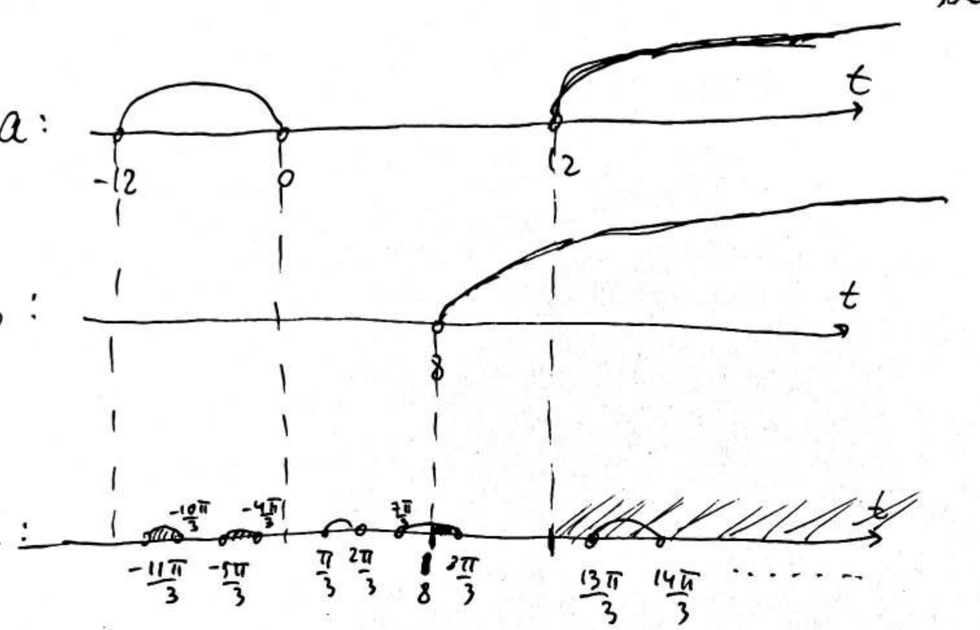
Если хотя бы 2 числа среди x_1 x_2 x_3 положительные, то среднее точно положительно, т.к. если это не так, то минимальное - положительное, а среднее не меньше минимального $\Rightarrow$ оно тоже положительное. И если среднее положительное, то и наибольшее - положительное $\Rightarrow$ положительных хотя бы 2. $\Rightarrow$ Нам нужно найти такие t, чтобы среди чисел a, b, c было хотя бы 2 положительных:

$a>0$: $t^3-144t>0$ $\quad t(t-12)(t+12)>0 \Rightarrow \left[\begin{array}{l} t>12 \\ -12<t<0. \end{array}\right.$

$b>0$: $2^t>256 \Rightarrow t>8$

$c>0$: $\sin t > \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \frac{\pi}{3}+2\pi n<t<\frac{2\pi}{3}+2\pi n,\ n\in Z$:

$\left(\frac{\pi}{3};\frac{2\pi}{3}\right)$
далее $\left(\frac{7\pi}{3};\frac{8\pi}{3}\right)$
$\left(-\frac{5\pi}{3};-\frac{4\pi}{3}\right)$
и т.д.



т.к. $-\frac{16\pi}{3}<-12$, а $\frac{13\pi}{3}>12$, то все „интересующие" промежутки t, при которых $c>0$ – отмечены (т.к. при $t<-12$ a и $b<0$ $\Rightarrow$ мы не сможем получить 2 положительных. а при $t>12$ a и $b>0$ $\Rightarrow$ нам без разницы на знак c.) $\left(-\frac{\pi}{3};-\frac{10\pi}{3}\right)\in(-12;0)$

$\left(-\frac{5\pi}{3};-\frac{4\pi}{3}\right)\in(-12;0)$

$\frac{7\pi}{3}<8$

$12>\frac{8\pi}{3}>8$

$0<\frac{\pi}{3};\ \frac{2\pi}{3}<8 \Rightarrow$ не подходит

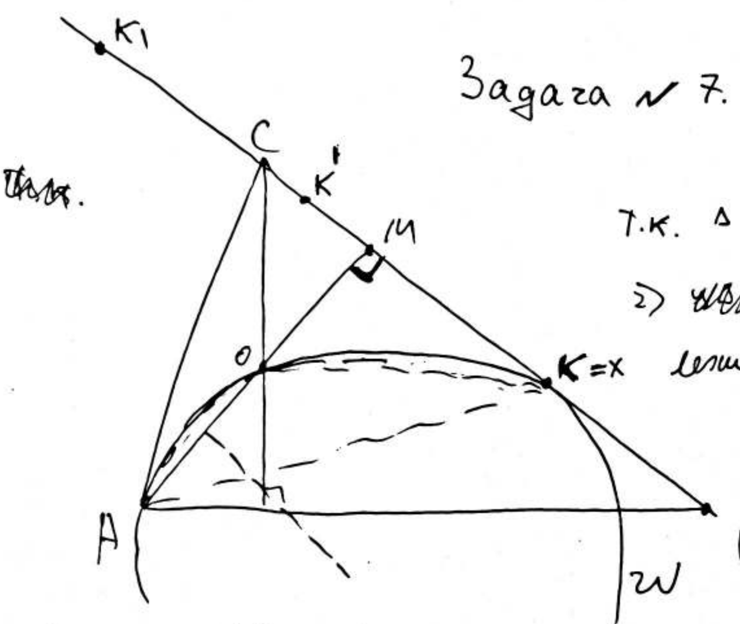
Среди чисел a, b, c есть хотя бы
$\Rightarrow$ 2 числа при
$t\in\left(-\frac{11\pi}{3};-\frac{10\pi}{3}\right)\cup\left(-\frac{5\pi}{3};-\frac{4\pi}{3}\right)\cup$
$\cup\left(8;\frac{8\pi}{3}\right)\cup(12;+\infty)$

Ответ: $\left(-\frac{11\pi}{3};-\frac{10\pi}{3}\right)\cup\left(-\frac{5\pi}{3};-\frac{4\pi}{3}\right)\cup\left(8;\frac{8\pi}{3}\right)\cup(12;+\infty)$

Чистовик стр 6

Задача № 7.

~~Дано.~~



т.к. $\triangle ACB$ - остроугольный ⇒

⇒ ~~...~~ точка пересечения высот лежит внутри $\triangle ABC$

~~∠AKO...~~

Если $K \in MB$:

~~...~~ $\angle AKO < \angle AKM$

$\angle AKM = \angle AKB + \angle KAB \le 90^\circ$ т.к. ~~угол прямой~~ т.к.

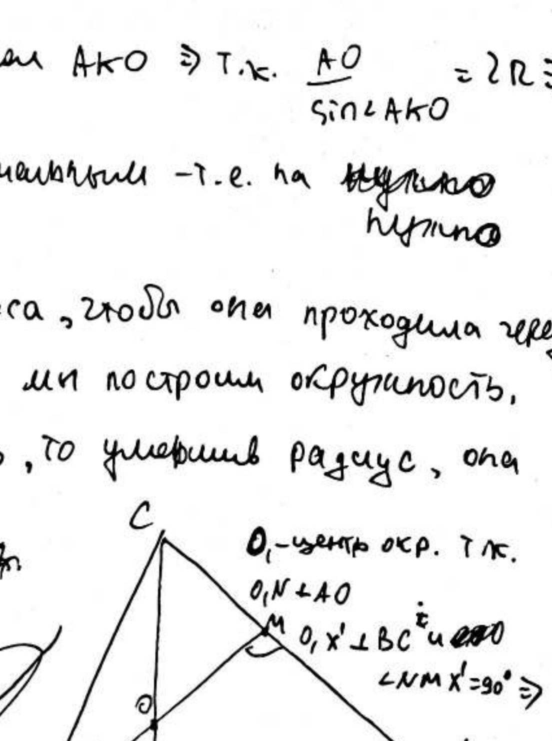
т.к $\angle KAB < \angle MAB$, а $\angle MAB + \angle MBA = 90^\circ$ ⇒

⇒ $\angle MKA$ - острый ⇒ при увеличении $\angle MKA$, $\sin\angle MKA$ тоже увеличивается. ⇒
(аналогично если $K \in MC$)

Если мы хотим получить наибольший угол AKO ⇒ т.к. $\frac{AO}{\sin\angle AKO} = 2R$ ⇒

⇒ радиус окр AOK должен быть минимальным - т.е. нам ~~нужно~~ нужно построить окружность минимального радиуса, чтобы она проходила через A и O и имела общие точки с CB. Если мы построим окружность, проходящую через A и O и касающуюся CB, то уменьшив радиус, она не будет ~~касаться~~ пересекаться с CB:

Рис.



O_1 - центр окр. т.к. $O_1N \perp AO$, $O_1X' \perp BC$ и $\angle NMX' = 90^\circ$ ⇒

⇒ $MX'O_1N$ - прямоуг.

причем $O_1X' = NM = const.$ (X' - точка касания) ⇒

⇒ уменьшив радиус - он станет $< O_1X'$ (т.к. при касании он равен O_1X' ⇒ расстояние до прямой BC из центра окружности станет > радиуса.

Чистовик стр 7.

т.к. $\angle MAB = 90 - \angle B = \angle MCO$ и $\angle CMO = \angle AMB = 90^\circ \Rightarrow$

$\Rightarrow \triangle COM \sim \triangle AMB \Rightarrow \dfrac{CM}{AM} = \dfrac{OM}{MB} \Rightarrow MO \cdot MA = MC \cdot MB \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Если окружность касается прямой CB вне отрезка BC за точкой B в $X' \Rightarrow$ $(MX')^2 = MO \cdot MB = MC \cdot MB$, но $MX' > MB$, а $MB > MC$ $\Rightarrow (MX')^2 > MB \cdot MC$ — противоречие $\Rightarrow$

$MB = 5$
$MC = 3$

касание произойдет на отрезке BC. $\Rightarrow$ Если точка касания : X, то $\sin \angle AXO$ - наибольший, т.к. мы построили окр с наименьшим радиусом $\Rightarrow$

$\Rightarrow \angle AXO$ - наибольший $\Rightarrow X = K \Rightarrow MK$ - касательная $\Rightarrow MK^2 = MO \cdot MA = MC \cdot MB = 15 \Rightarrow$

$\Rightarrow MK = \sqrt{15}$. Если предположить, что существует $K' \in MC$, что $\angle AK'O$ - наибольший, то если мы от „симметрии" ω относ AM, то $K \to K_1$ и $\angle AKO = \angle AK_1O$, но $MK = MK_1 = \sqrt{15} > 3 \Rightarrow$ (т.к. $BC \to BC$)

K_1 будет вне MC $\Rightarrow$ радиус окр (OAK') будет $>$ радиуса окр $(OAK_1) \Rightarrow$ (т.к. (OAK_1) - касается BC, а (OAK') - нет)

$\Rightarrow \angle OK'A < \angle OK_1A \leq 90$, а $\angle OK_1A = \angle OKA \Rightarrow \angle OK'A$ не наибольший.

Ответ: $\sqrt{15}$

Задача № 6

$ctg\, x = t$

$a t^3 + (2a^2 - a - 2) t^2 + (2 - 4a - 2a^2) \cdot t + 4a = 0$, т.к. сумма коэф. $= 0 \Rightarrow$
$t = 1$ - корень $\Rightarrow (t-1)(a t^2 + (2a-2) \cdot t - 4a) = 0 \Rightarrow$ один корень: $\frac{\pi}{4} + \pi n$

Черновик 8 стр

$a\cdot ctg^3x+(2a^2-a-2)\cdot ctg^2x+(2-4a-2a^2)ctg\,x+4a=0$

$ctg\,x=t$

$at^3+(2a^2-a-2)\cdot t^2+(2-4a-2a^2)\cdot t+4a=0$

$t^2(2a^2-2)$ сумма коэф $=0\Rightarrow$

$t=1$ - корень $tg\,1'$

~~$a((t^3+4a)(+ty$~~

$\cancel{t^2(2a^2-2)+t(2-2a^2)}=0$ $t=1\Rightarrow x=\pi+$

$(2(a^2-2)(t^2$

a $\frac{\pi}{4}$

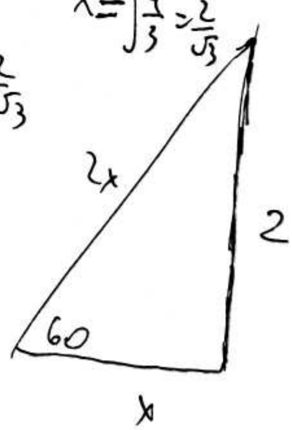
	a	$2a^2-a-2$	$2-4a-2a^2$	$4a$
1	a	$2a^2-2$	$-4a$	0

0 $3x^2=4$

$x=\sqrt{\frac{4}{3}}=\frac{2}{\sqrt3}$

~~$(t+1)(t^2(2a^2-2)-4a\cdot t$~~

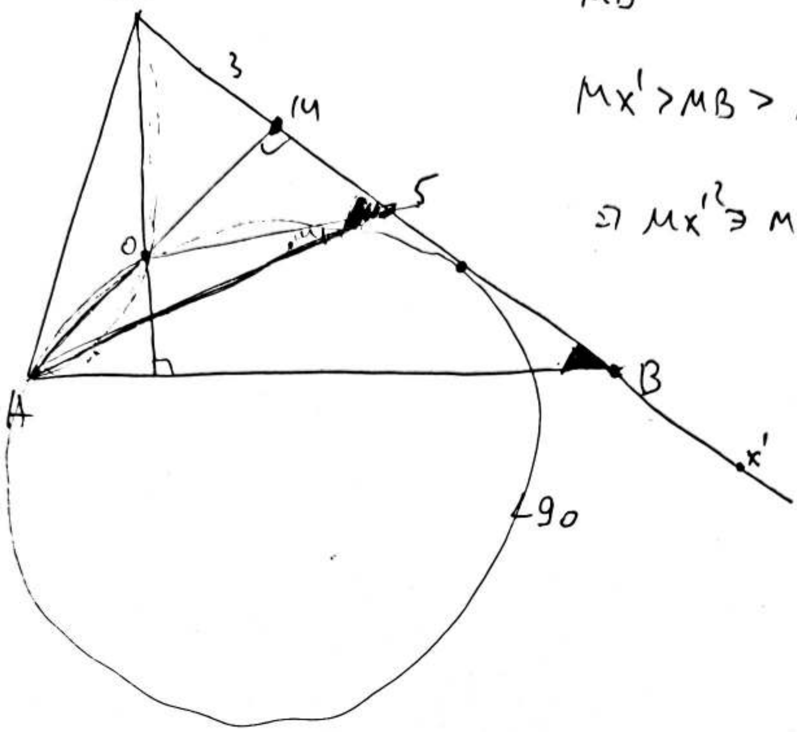
$(t-1)(a\cdot t^2+(2a-2)\cdot t-4a)=0$ $r+\frac{2}{\sqrt3}$



$t_1+t_2=\frac{2-2a}{a}$ $t_1+t_2=\frac{2}{a}-2$

$t_1\cdot t_2=-\frac{4a}{a}$ $t_1\cdot t_2=-4$

Черновик 9 стр

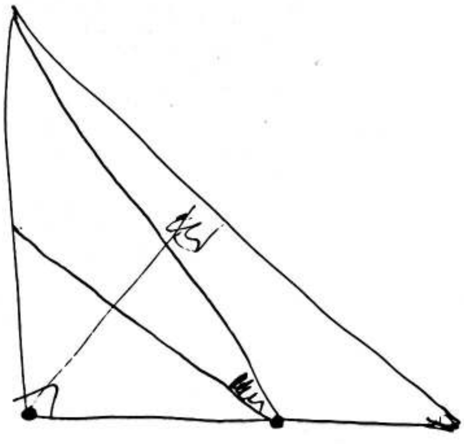


MB

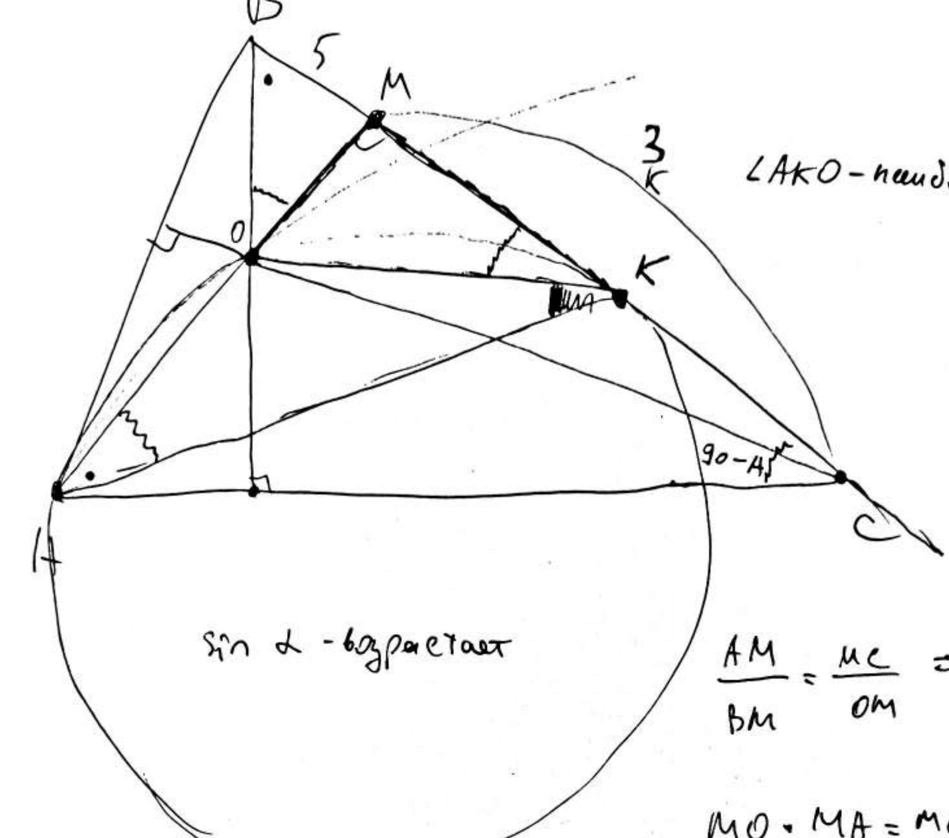
$Mx' > MB > MC \Rightarrow$

$\Rightarrow Mx'^2 > MC \cdot MB$

чем больше



Черновик 10стр



$\angle AKO$ - наибольший

sin α - возрастает

$\frac{AM}{BM} = \frac{MC}{OM} \Rightarrow$

$MO \cdot MA = MC \cdot MB = 15 \Rightarrow$

$\Rightarrow MK = \sqrt{5}$

$\frac{\pi}{3}$ $\frac{7\pi}{3} < 8$ $\frac{8\pi}{3} > 8$

$7 \cdot 3{,}14$

$7\pi < 24$

$3{,}14 \times 7 = 21{,}98$

$21{,}98 : 3 < 8$

314×13: $942 + 314 = 40{,}82$

$40{,}82 : 3$

11×14: $44 + 11 = 154$

8; $\frac{8\pi}{3}$ $+6{,}28$ 84 36

$3 \cdot 11 = 33+$

$0{,}14 \cdot 11$

$-10-6$

$\frac{7\pi}{3}$ 7 $\frac{13\pi}{3}$,

$\frac{11 \cdot 3{,}14}{3} < 12$

$11 \cdot 3{,}14 < 36$

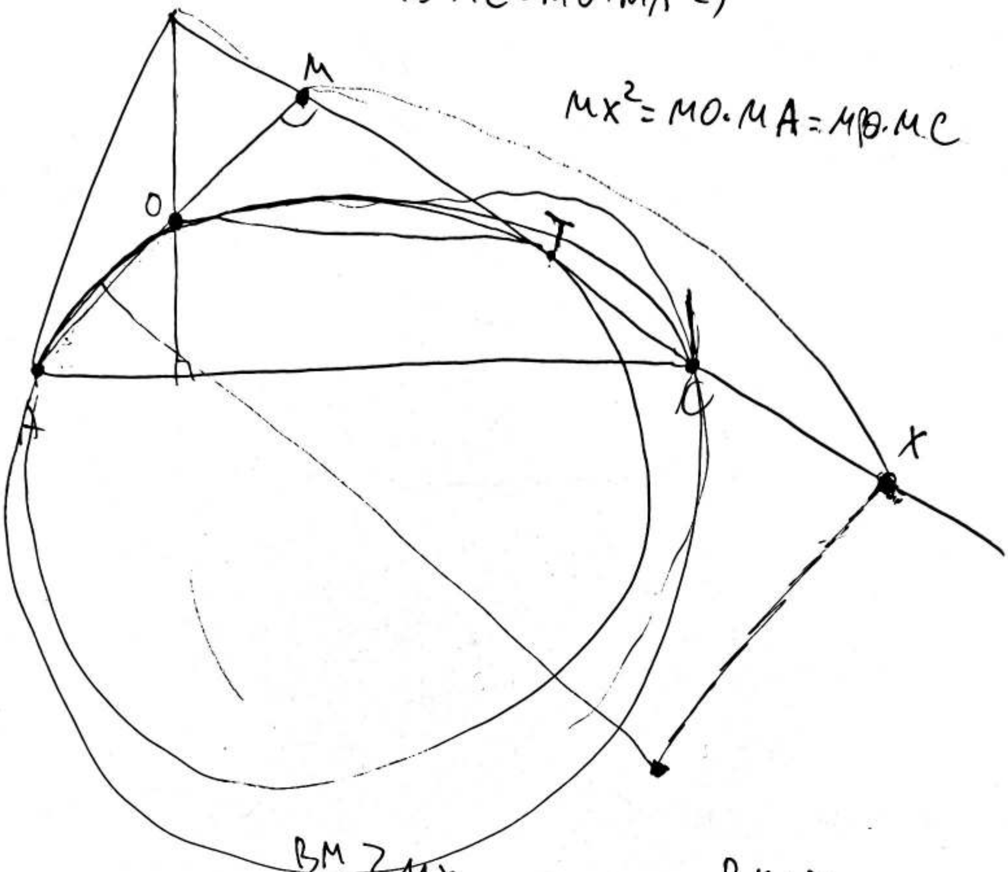
$-16 < -36$

$34{,}54 < 36$

Черновик 11 стр

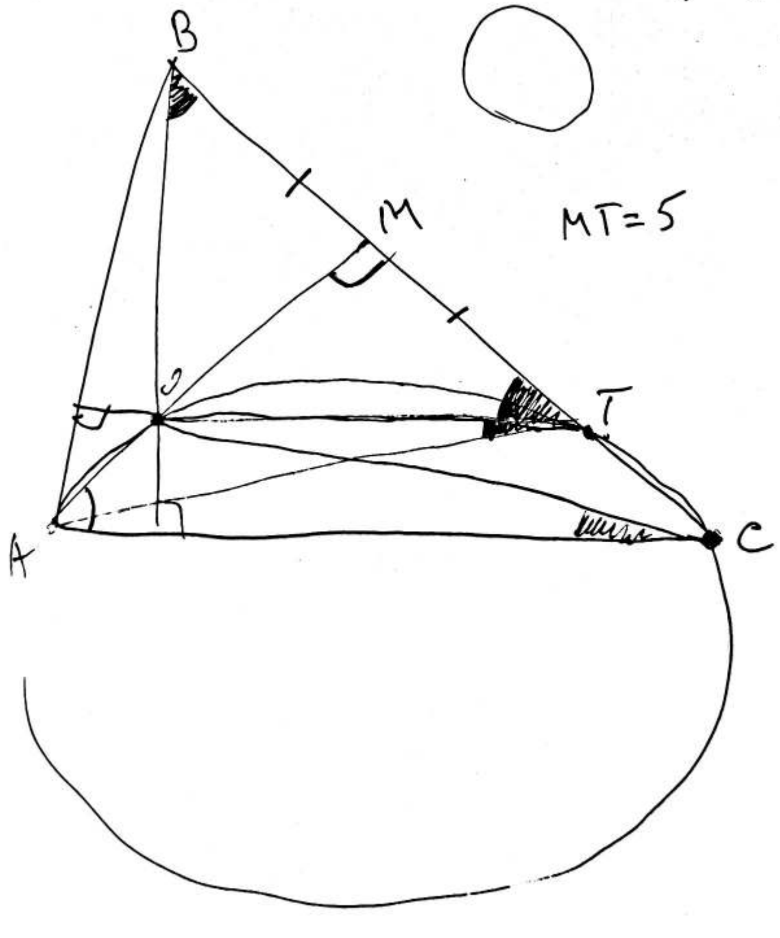
$MB \cdot MC = MO \cdot MA \Rightarrow$

$MX^2 = MO \cdot MA = MB \cdot MC$



$BM > MX$

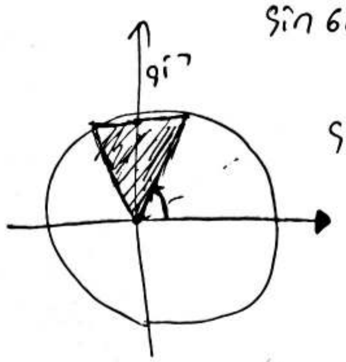
$BM >$



$MT = 5$

Черновик 12 стр

$\sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$



$\sin 30 = \frac{1}{2}$

$\sin t < \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\sin t > \frac{\sqrt{3}}{2}$

11

3,14

$\frac{2\pi}{3} > t > \frac{\pi}{3}$ $-$ 2π

$-\frac{11\pi}{3}$ $3,14 \cdot 11 =$

$\frac{2\pi}{3} + 2\pi n > t > \frac{\pi}{3} + 2\pi n$ $\frac{6\pi}{3}$

$= \frac{34,54}{3} < 12$

$\frac{2\pi}{3} - 2\pi > t > \frac{\pi}{3} - 2\pi$

$-$ > -12

$\frac{7\pi}{3}$

$\frac{2\pi}{3}$ $\left(\frac{\pi}{3}; \frac{2\pi}{3}\right)$ $3,14 \cdot 4$ $3,14 \cdot 2 = \frac{6,28}{3} = 2\ldots$

$11 \cdot 3,14$

$\left(-\frac{5\pi}{3}; -\frac{4\pi}{3}\right)$ $+$ $-\frac{10\pi}{3}$ -11

$$\begin{array}{r} 314 \\ \times\ 11 \\ \hline 314 \\ +\ 314 \\ \hline 34,54 \end{array}$$

$\left(-\frac{11\pi}{3}; -\frac{10\pi}{3}\right)$

-16

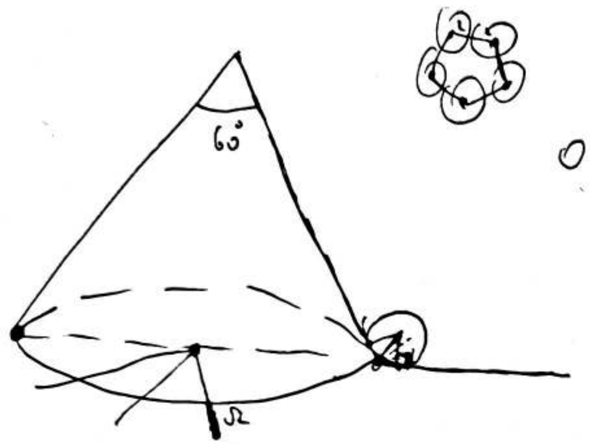
t

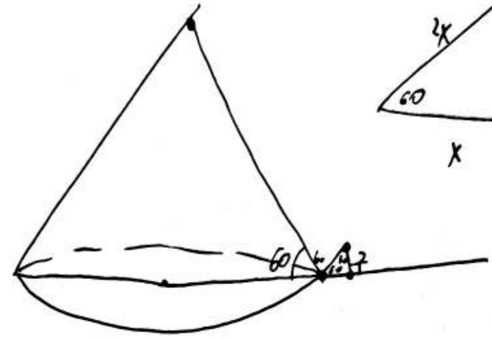
$\left(\frac{7\pi}{3}; \frac{8\pi}{3}\right)$ $-$ $-\frac{11\pi}{3}$ $34,54 \,|\, 3$

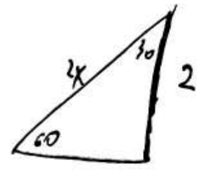
$\frac{4\pi}{3} <$

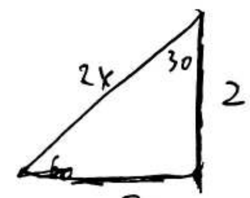
$\left(\frac{13\pi}{3}; \frac{14\pi}{3}\right)$

Черновик 13 стр









$x^2+4=4x^2$

$x=\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\sqrt{2}$

$x=\sqrt{2}$

$\sqrt{3}x$ $x=\sqrt{2}$

$4x^2=x^2+4$

$3x^2=4$

$x^2=\frac{4}{3}$

$2+4$

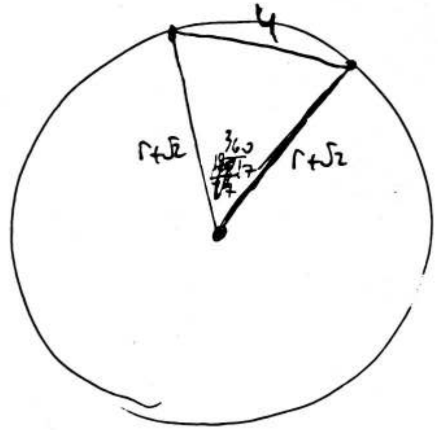
$\frac{4}{\sqrt{3}}=\frac{16}{3}$

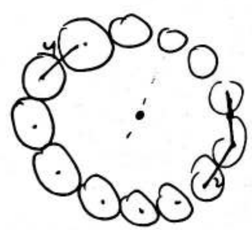
$4+12=16$

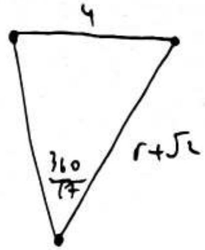
$\frac{4}{3}+4=$

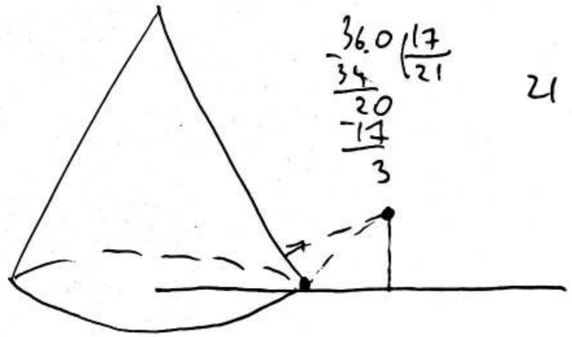
правильный 17угольник со стороной 4

$\frac{180}{17}$









$360 : 17 = 21$, 34, 20, 17, 3

$21\frac{3}{17}°$

$r=\frac{2}{\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{3}\cdot 2}{3}$

$r\ \frac{2}{\sqrt{3}}$

$8=(r+\sqrt{2})^2\left(1-\cos\frac{360}{17}\right)$

$(r+\sqrt{2})^2=\frac{8}{1-\cos\frac{2\pi}{17}}$

$r+\sqrt{2}=\sqrt{\frac{8}{1-\cos\frac{2\pi}{17}}}$

$r=\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{17}}}-\sqrt{2}=$

$\sqrt{2}\left(\frac{2}{\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{17}}}-1\right)$

$16=2(r+\sqrt{2})^2-2\cdot(r+\sqrt{2})^2\cdot\cos\frac{360}{17}=$

Черновик

14 стр

$A = \dfrac{\sqrt[6]{4+2\sqrt{3}} \cdot \sqrt[3]{\sqrt{3}-1}}{\sqrt[3]{2}} = 1$

$4 + 2\sqrt{3} =$

$= \sqrt[6]{(1+\sqrt{3})^2} = 1+\sqrt{3}$

$\sqrt[3]{(\sqrt{3}+1)} \cdot \sqrt[3]{\sqrt{3}-1} =$

$= \sqrt[3]{\dfrac{3-1}{2}} = 1$

19

$B = \dfrac{3}{(1\cdot 2)^2} + \dfrac{5}{(2\cdot 3)^2}$

$B = \dfrac{1}{1} - \dfrac{1}{4}$

$\dfrac{1}{4} - \dfrac{1}{9}$

$9^2 - 4^2 = 5$

i

$1\cdot 2$

$2\cdot 3$

$3 \cdot 2$

$2020 : 4 = 505$

$\dfrac{2(i+1)}{(i)\cdot(i+1)}$

19
38
57
76

$38 + 38 = 76$

$76 + 19 = 85$

$76 + 19 = 5$

504

200

2016 + 6

19
38
57
76
95

23
46
69
92

$69 + 23 = 72$

$57 + 19 = 76$

$23 \cdot 4$

19×4

$19 \cdot 5$

2022 значное

2022 : −1

нет

2022 − 1

4669 →

$469 \to 2 \to 3 \to 8 -$

$\to 5 \to 7 \to 6$

92 не может быть

6923 8

2020 | 4

4 6957 6957 6957 6

$4\underbrace{6957}\underbrace{6957}69238\ldots$

Черновик 15 стр

$f(x)=\frac{1}{\sqrt[7]{1-x^7}}$

$2022^7-1=a^7$

$\frac{x^7-1+1}{x^7-1}=$

$=1+\frac{1}{x^7+1}$

$f(f(x))=\frac{1}{\sqrt[7]{1-\frac{1}{1-x^7}}}=\frac{1}{\sqrt[7]{\frac{\cancel{1}-x^7-\cancel{1}}{1-x^7}}}=\frac{1}{\sqrt[7]{\frac{x^7}{x^7-1}}}=\frac{1}{}=\frac{\sqrt[7]{x^7-1}}{x}$

$1:\frac{\sqrt[7]{x^7}}{\sqrt[7]{x^7-1}}=\frac{\sqrt[7]{x^7-1}}{x}$

$f(f(f(x)))=\frac{1}{\sqrt[7]{1-\frac{x^7-1}{x^7}}}=$

$T+3$ 2

1304 раза

$=\frac{1}{\sqrt[7]{\frac{\cancel{x^7}-\cancel{x^7}+1}{x^7}}}=x$

$f(f(f(x)))=X$

$f(f(f(f(x))))=f(x)$

$$\begin{array}{r|l} -1304 & 3 \\ \underline{12} & 434 \\ -10 & \\ \underline{9} & \\ -14 & \\ \underline{12} & \\ 2 & \end{array}$$

$f(f(f$

$\underbrace{f(f(f(\underbrace{f(f(f(x)))}_{x})))}_{x}$

$f(f(x))-?$

$x_1 \le x_2 \le x_3$

Черновик 16 стр

$a = t^3 - 144t$

$b = 2^t - 256$

$c = \sin t - \frac{\sqrt{3}}{2}$

$(2^t)'$ 2 были больше >0

$(2^x)' = 2^x \cdot \lg_2 2$

8   $t>$

$a' = 2t^2 - 144 \ge 0$

$t^2 - 72 \ge 0$

$t^2 \ge 72$

$t \ge 6\sqrt{2}$

$t \le -6\sqrt{2}$

$t = 12$ t^3

$t(t^2-$

$2^t - 256 \ge 0$ при

$2^t - 256$

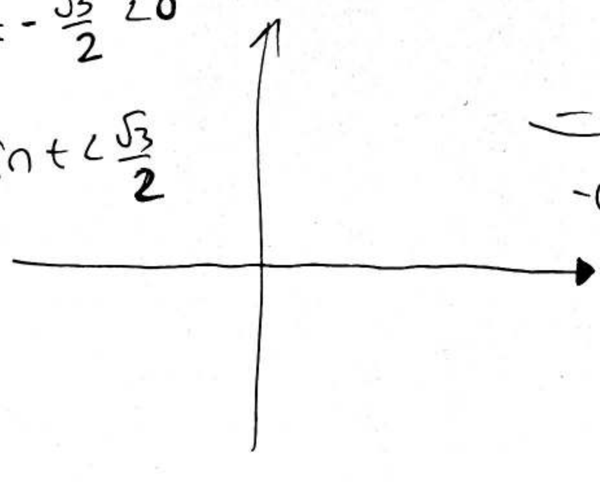
$t \ge 8$ $t(t-12)(t+12) \ge 0$

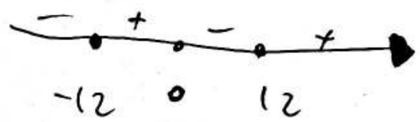
$(\sin t)' = \cos t$

$b \ge 0$ при $t \ge 8$

$\sin t - \frac{\sqrt{3}}{2} < 0$

$\sin t < \frac{\sqrt{3}}{2}$

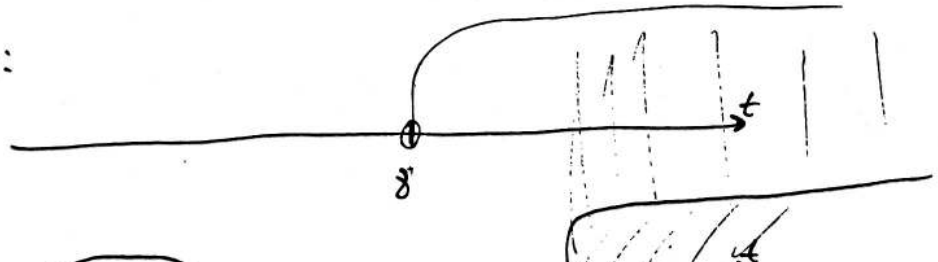




$t > 12$

$-12 < t < 0$

b:



a: