

Caos
en
Astronomía

Por Jesús Guerrero

Asociación Larense de Astronomía, ALDA

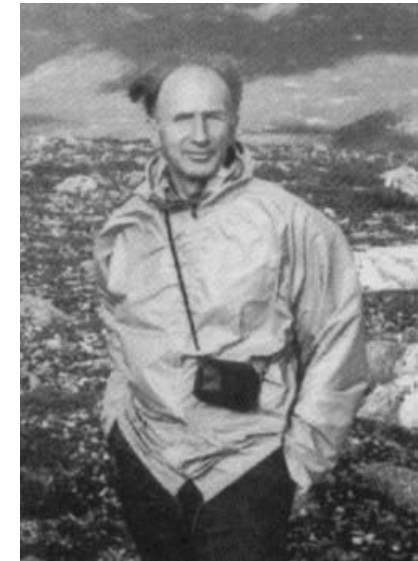


Introducción



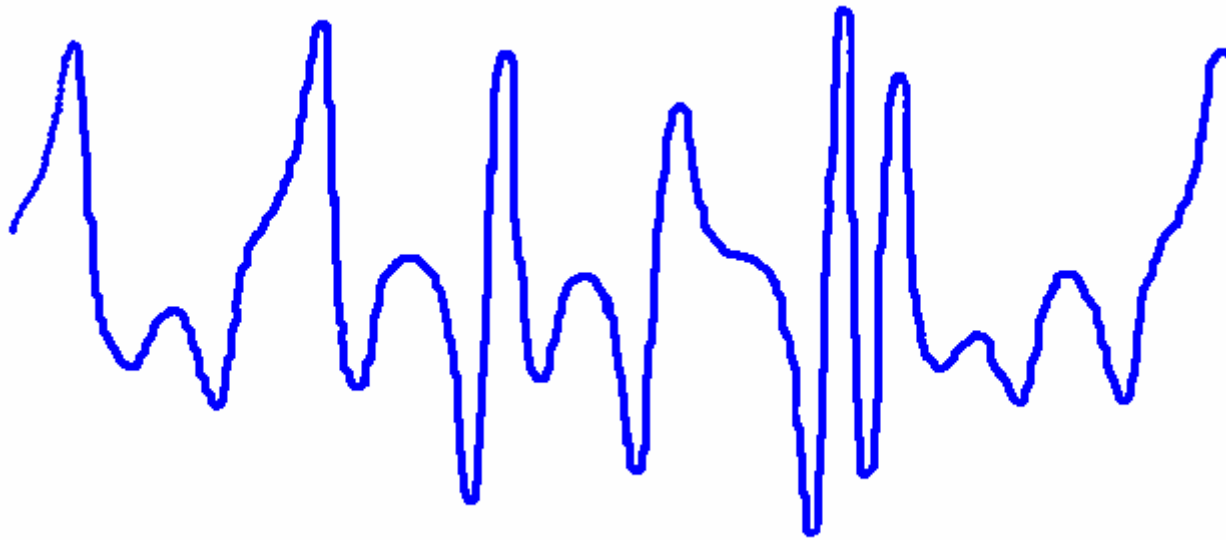
*En 1960, el climatólogo estadounidense
Edward Lorenz realizaba experimentos
sobre modelos para predecir el clima.*

*Horas tras horas, introducía secuencias
numéricas ...*



Edward Lorenz (1917 -)

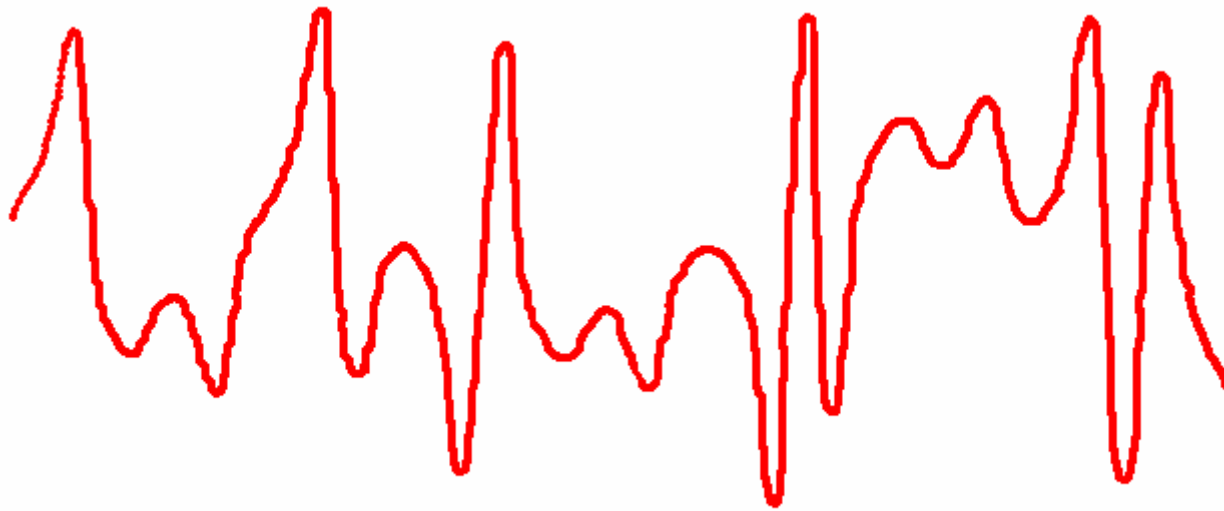




0,506127

Experimento de Lorenz (1960)
Instituto Tecnológico de Massachussets
(MIT)

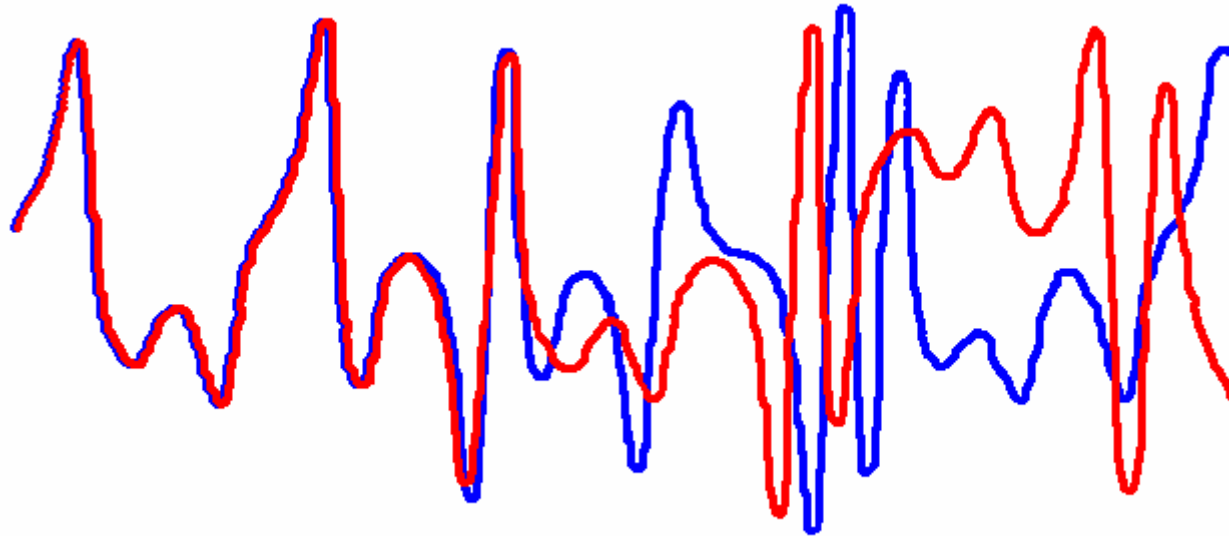




0,506

Experimento de Lorenz (1960)
Instituto Tecnológico de Massachussets
(MIT)





Diezmilésima de variación en la secuencia

Experimento de Lorenz (1960)
Instituto Tecnológico de Massachussets
(MIT)



¿Qué hacía que valores tan insignificantes, produjesen variaciones tan importantes?

Lorenz denominó tal circunstancia “el efecto mariposa”



*Sin duda alguna, Lorenz había
parafraseado el célebre proverbio chino*

*“...el aleteo de las alas de una
mariposa se puede sentir al otro lado
del mundo...”*





*El verdadero **caos** estriba en que no siempre que una mariposa aletee...*

... habrá una tormenta en San Francisco!



Orden y caos en Astronomía



*Todos hemos
encendido un fósforo*

*La columna de humo
siempre tenderá a
subir, cumpliendo una
ley física*

*La forma de la
columna nunca será
igual*



*Procesos que asumen
comportamiento caóticos, a su vez
se encuentran regidos por leyes
físicas, conocidas por nosotros.*



La Teoría del Caos estudia aquellos sistemas en donde pequeños cambios en las condiciones iniciales conducen a enormes discrepancias en los resultados



Si bien la Teoría del Caos puede ser aplicada en todos los procesos físicos, podemos restringir el ámbito de esta conferencia hacia algunos aspectos importantes en el campo de la astronomía.



Haciendo estas restricciones, se identifican comportamientos caóticos en:

- *Órbitas de satélites naturales.*
- *Movimientos de asteroides.*
 - *Actividad solar.*
- *Movimiento galáctico*



Orbitas de satélites naturales



*Interacción entre 2 cuerpos es
fácilmente determinada por la Ley
de Gravitación Universal*

(Isaac Newton)

En el espacio: 3 cuerpos.

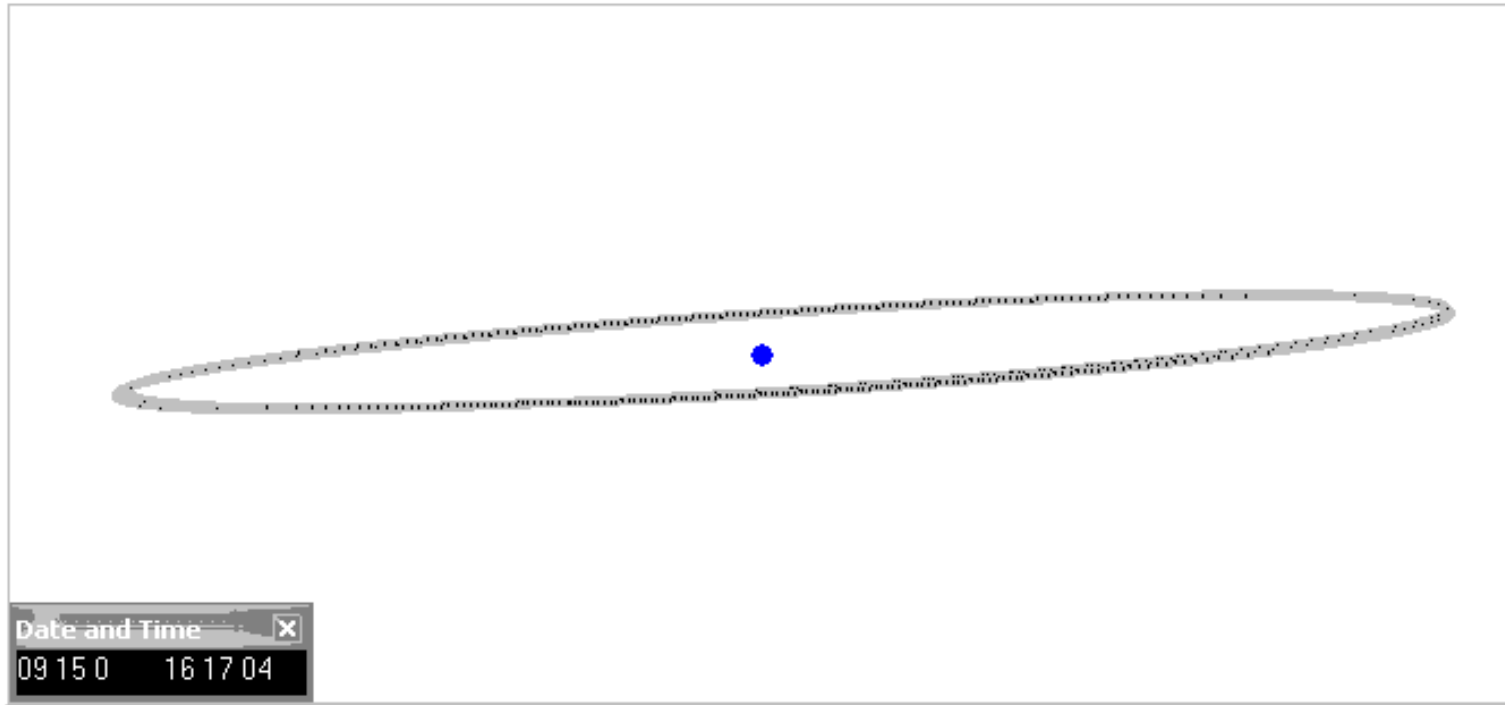
N-cuerpos.



*Para satélites naturales grandes
con respecto a su planeta nodriza,
como la **Luna** (1/80), la
perturbación puede no ser
significativa.*

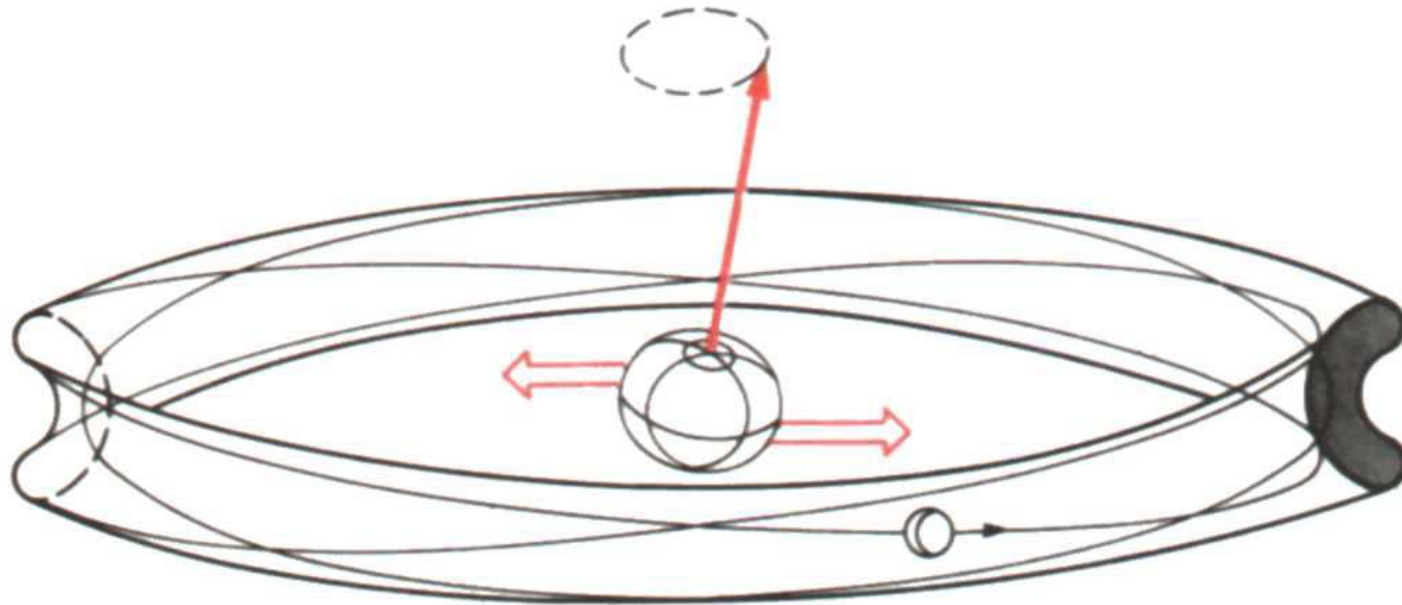


Órbita de la Luna



Dinámica del movimiento lunar

Órbita de la Luna



*Representación de todas las posiciones
que asume la Luna en su órbita*

Teoría de las perturbaciones

*En 1867 desarrolló sus ecuaciones
sobre el movimiento de la Luna.*

*Podrían llenar un libro de
600 páginas.*

Charles Delaunay (1816 – 1872)



Teoría de las perturbaciones

*En 1908 desarrolló ciertos
ensayos sobre sistemas no
lineales*

*Teoría de Sistemas
Dinámicos.*



Jules Henri Poincaré (1854-1912)

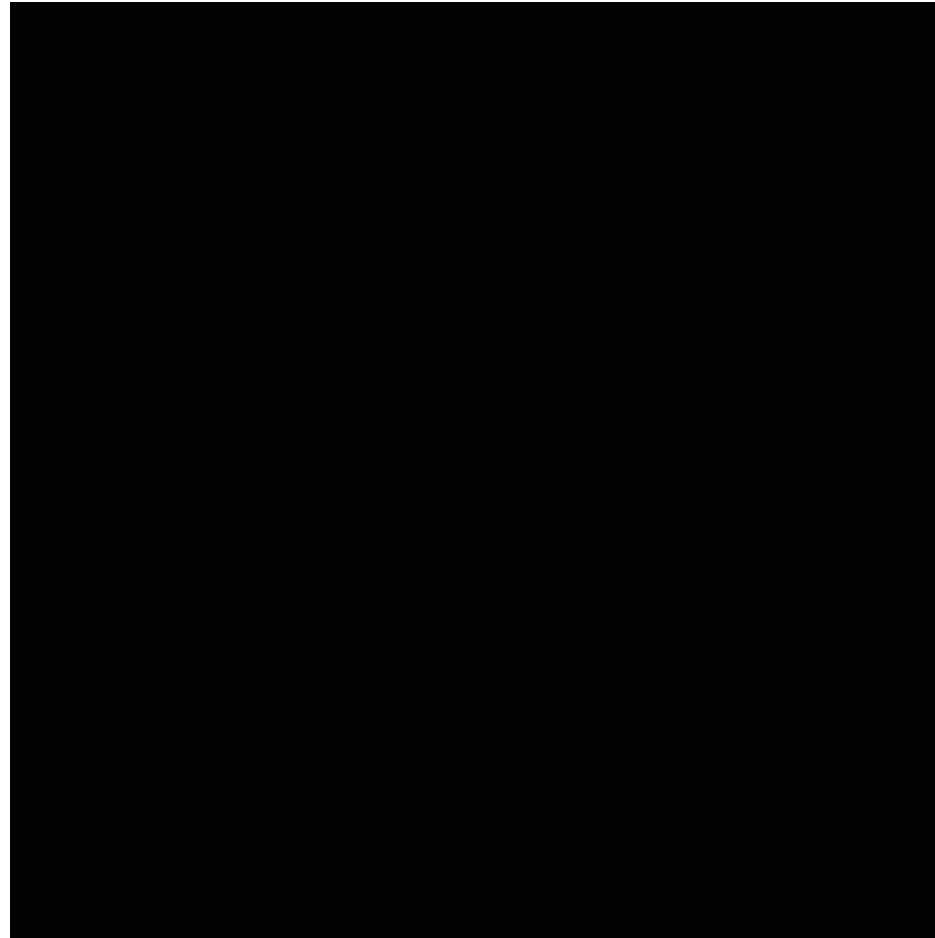


Teoría de las perturbaciones

Los últimos desarrollos, haciendo uso de interferometría láser (Nordtvedt – 1996) permiten un error en la posición de la Luna de 1 centímetro.



Lunación



Libraciones en latitud y longitud

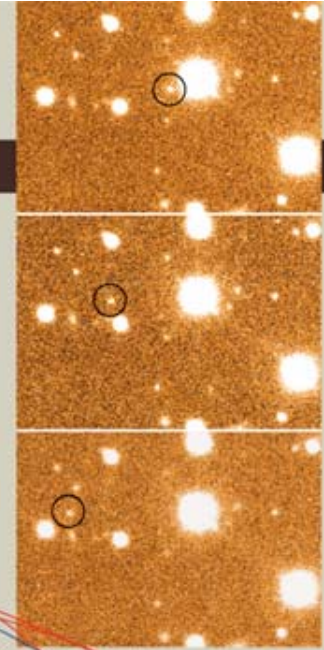
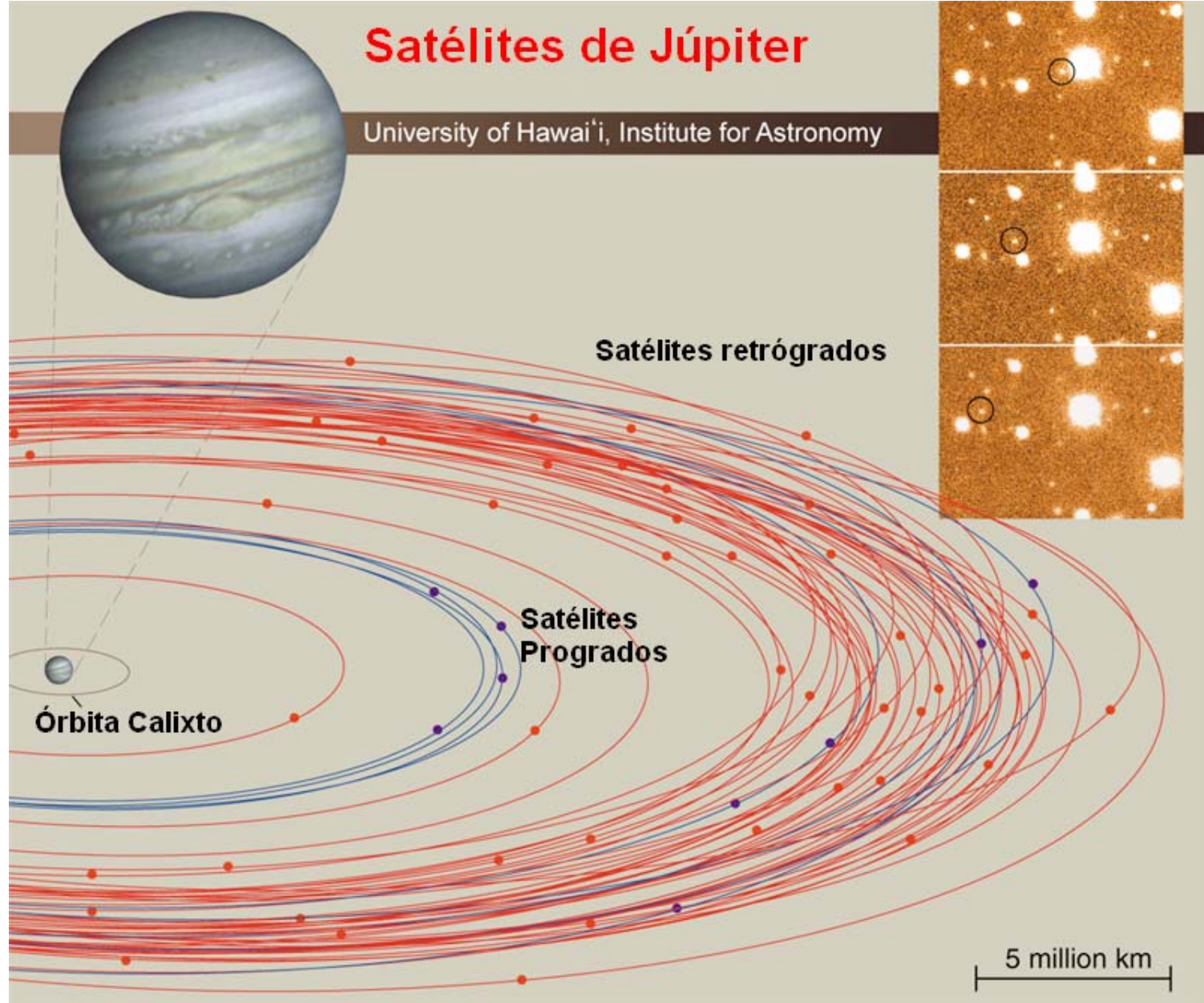
Teoría de las perturbaciones

*Cuando la relación de masas entre el satélite y su planeta supera las **1.000** unidades, las relaciones de perturbación son mayores.*



Satélites de Júpiter

University of Hawai'i, Institute for Astronomy



Para los planetas gigantes del Sistema Solar, la existencia de muchas de sus lunas, sólo puede ser explicada por la Teoría del Caos.

Teoría de la captura.



Orbitas de asteroides



Los asteroides, como cuerpos menores del Sistema Solar, se encuentran sujetos a grandes perturbaciones.

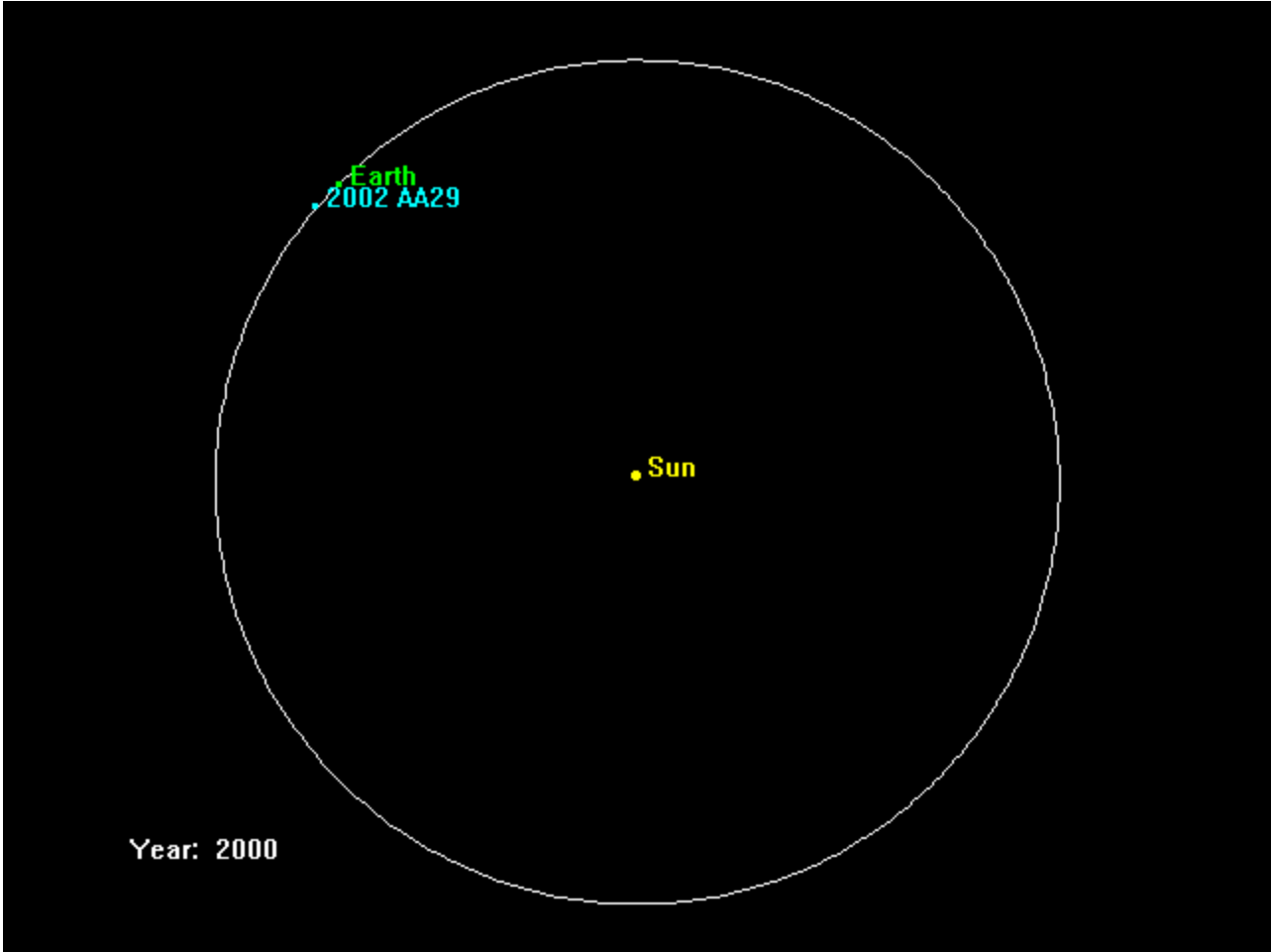


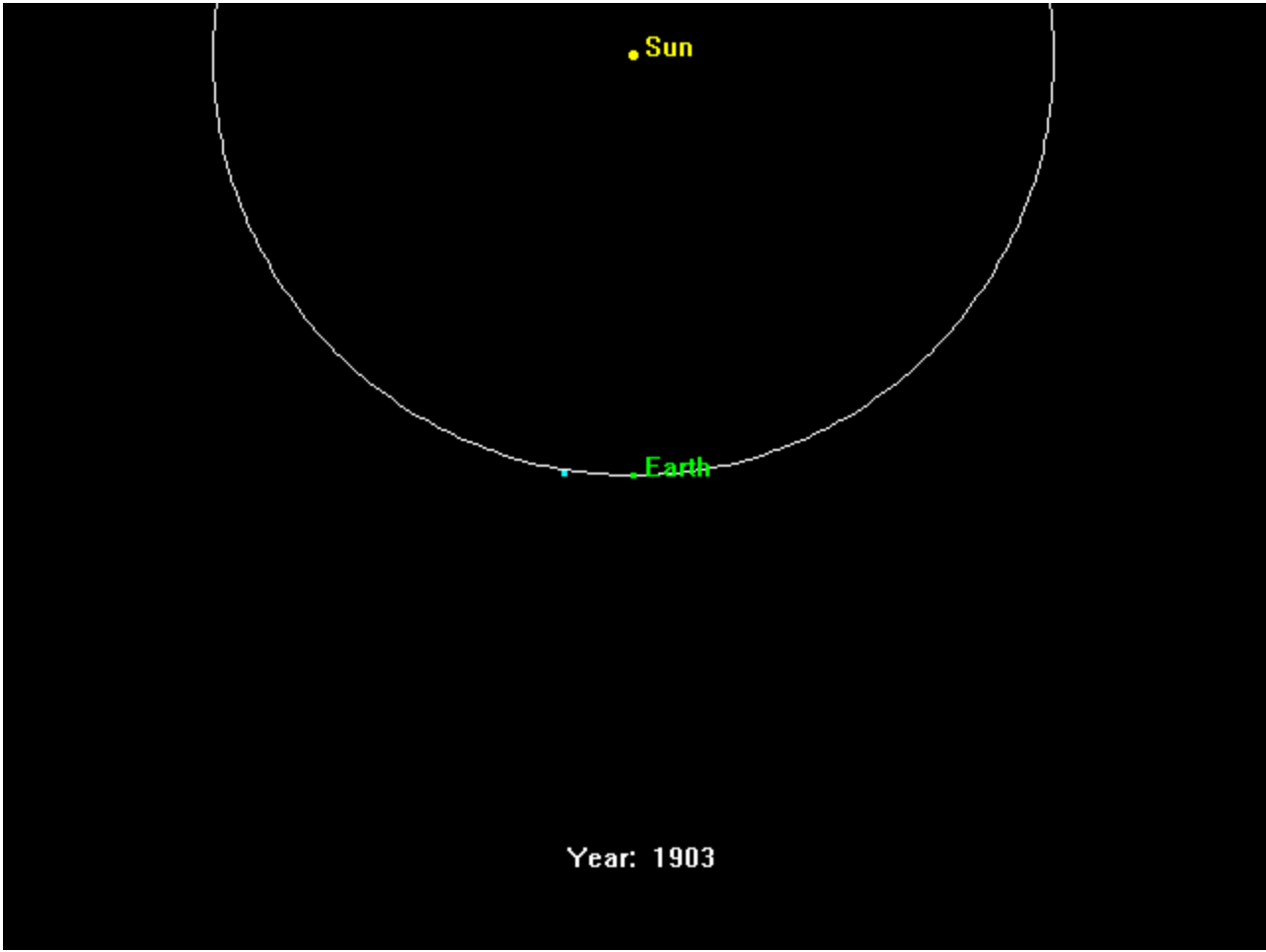
*Aquellos que se acercan demasiado a la
Tierra y comparten su órbita.*

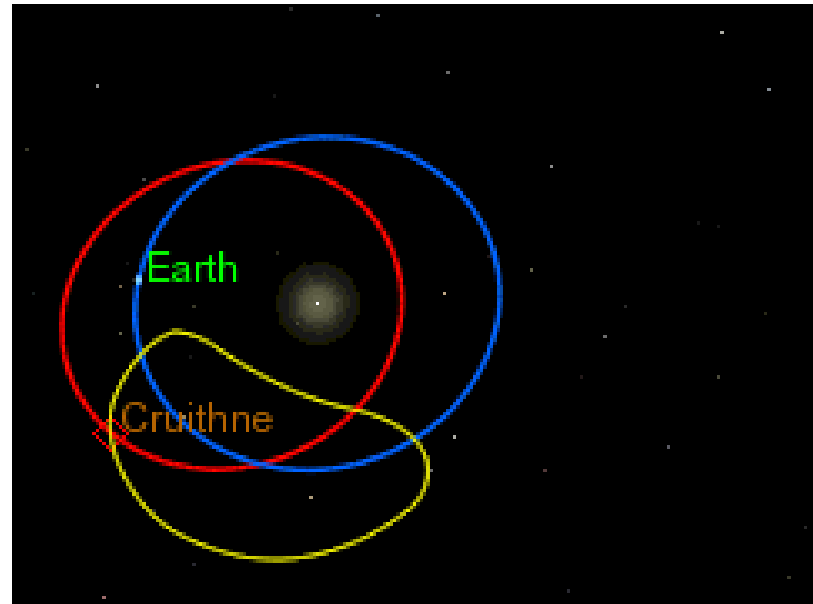
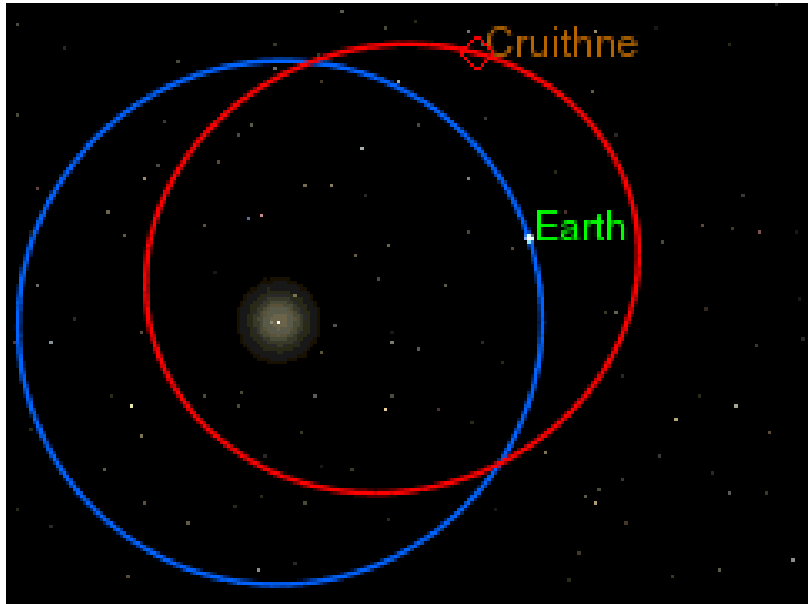
Co-orbitales

Órbitas en herradura







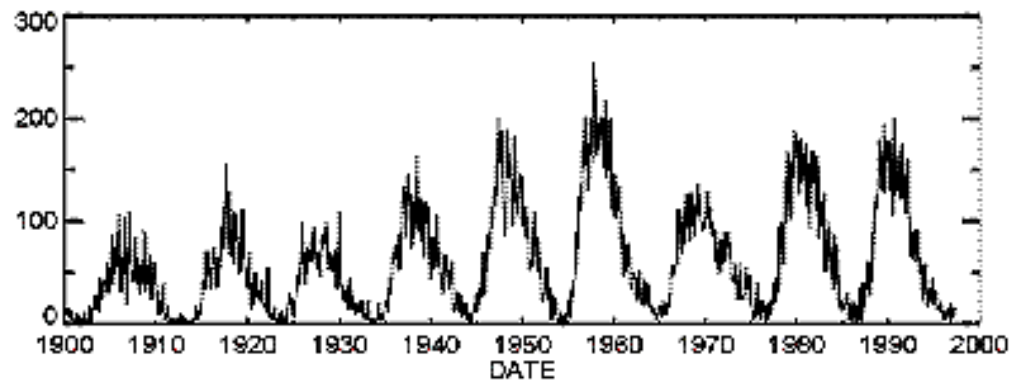
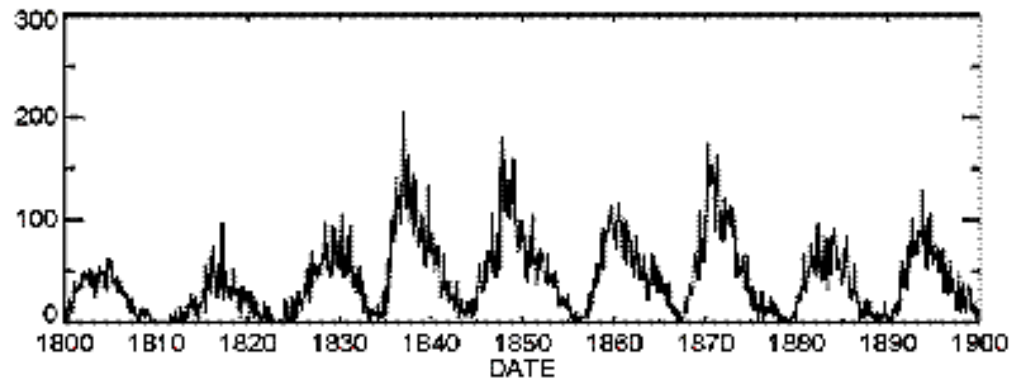
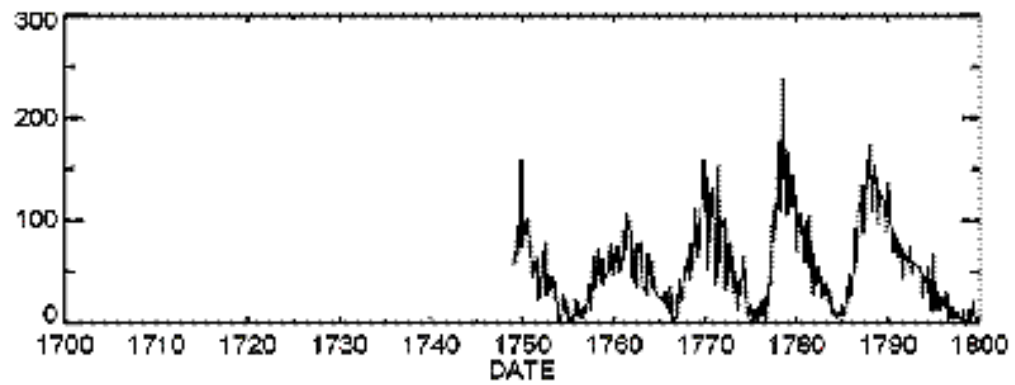


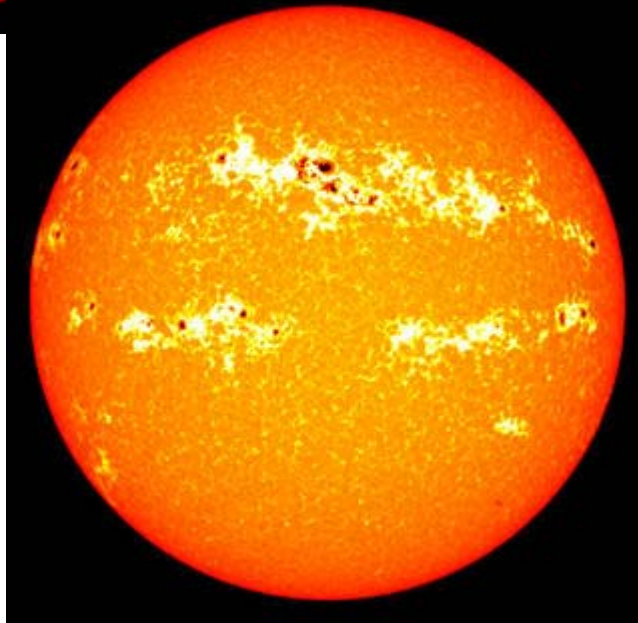
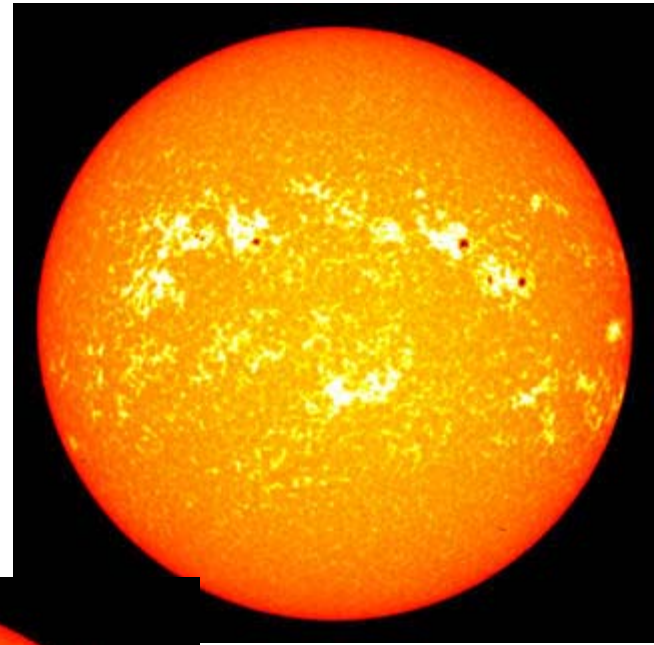
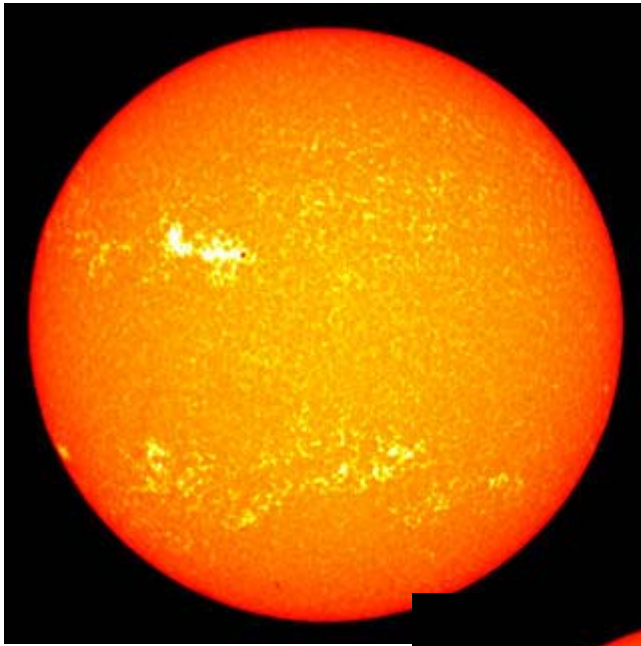
Actividad solar



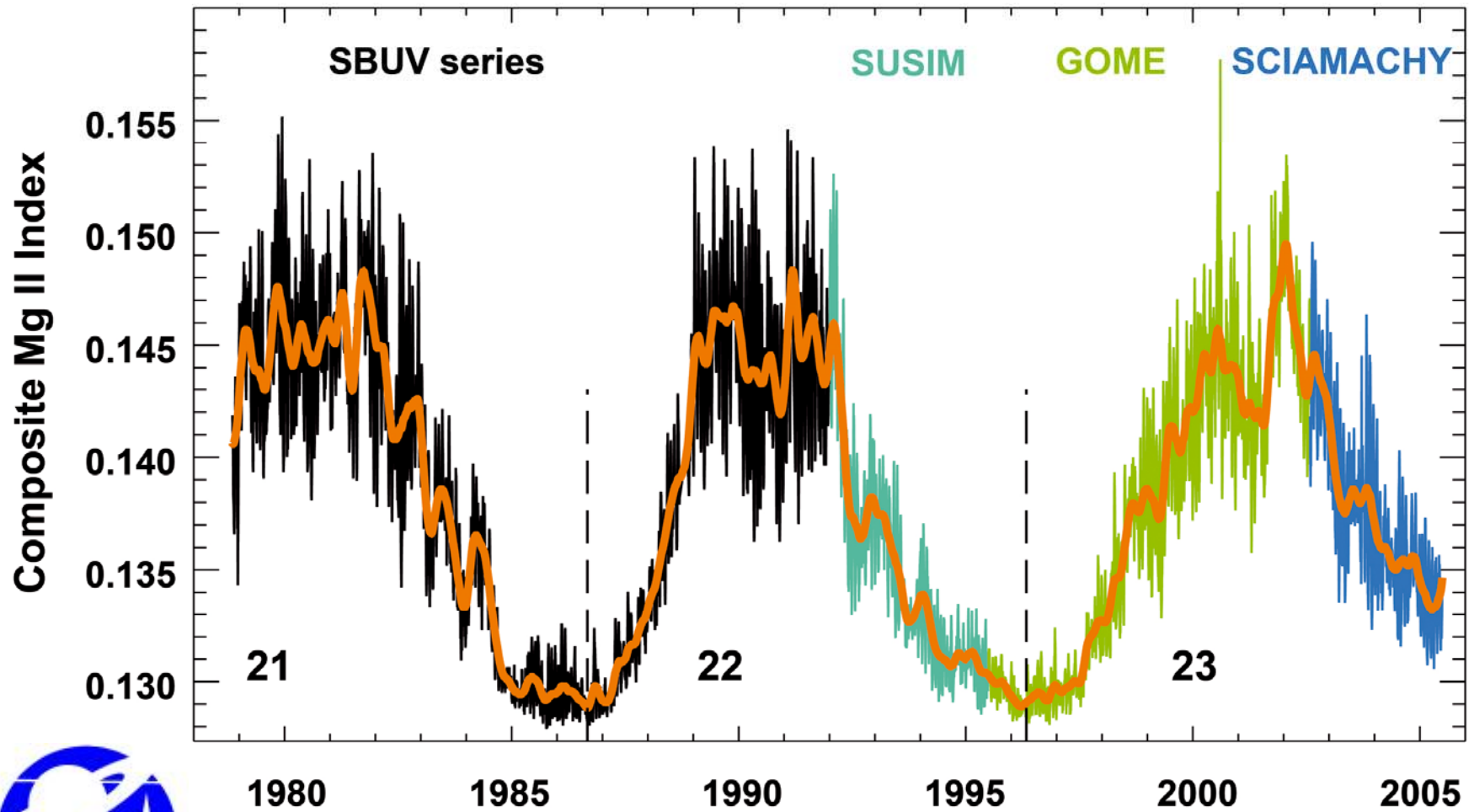
El Sol posee un período de oscilación de once (11) años.







Solar activity from GOME & SCIAMACHY



Movimiento galáctico



*La galaxia, como cuerpo en rotación y
constituida por innumerables tipos de
objetos, se encuentra sujeta a
perturbaciones.*



El incremento de perturbaciones generan las primeras regiones caóticas en la galaxia.

Su presencia produce un fenómeno denominado “solapamiento de resonancias”.



Cuando las regiones caóticas entran en contacto – “Difusión de solapamiento de resonancias”

Alto grado de caos.



*En la galaxia encontramos
comportamientos caóticos en:*

- *Rotación.*
- *Interacción con otras galaxias.*

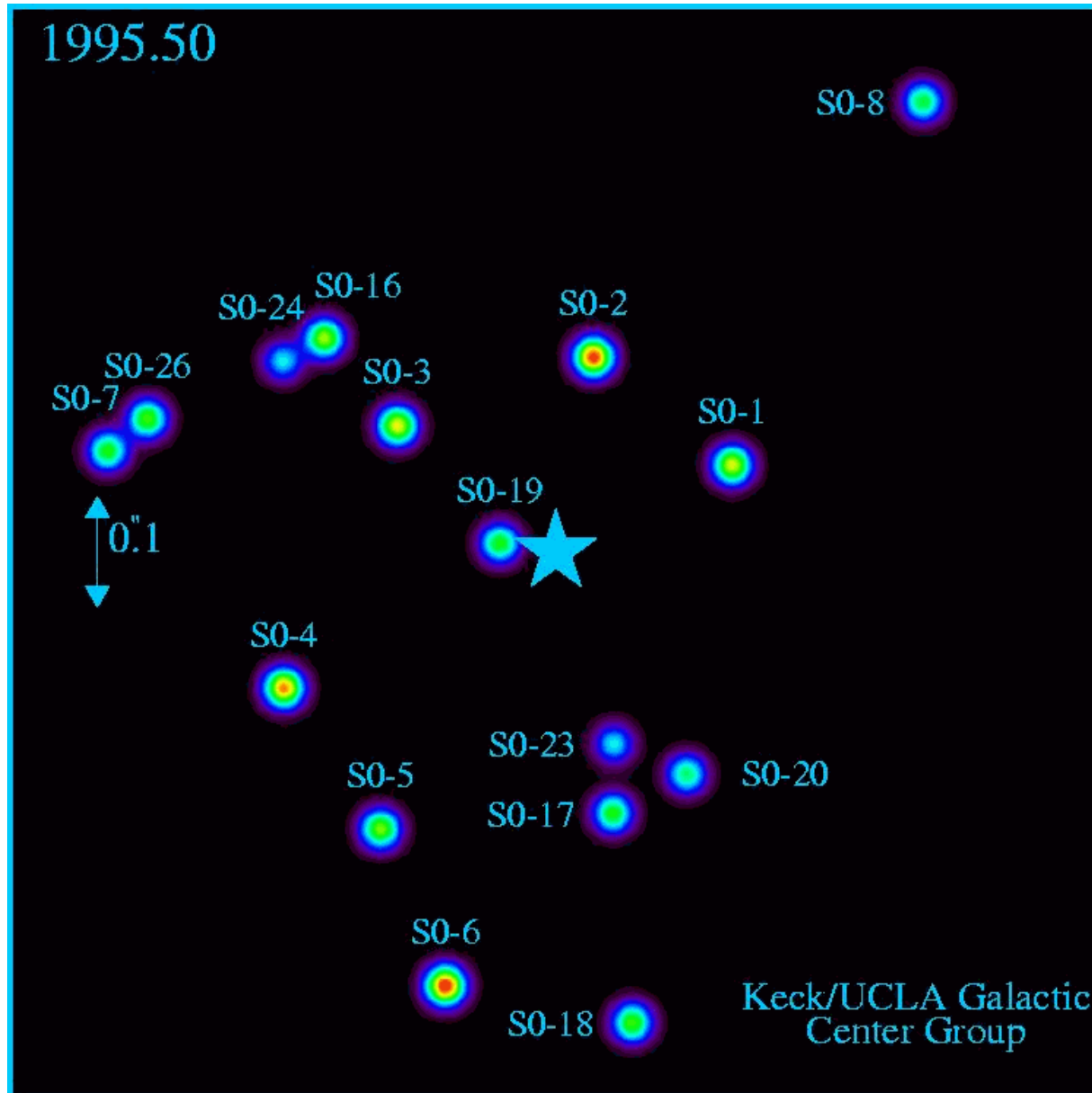


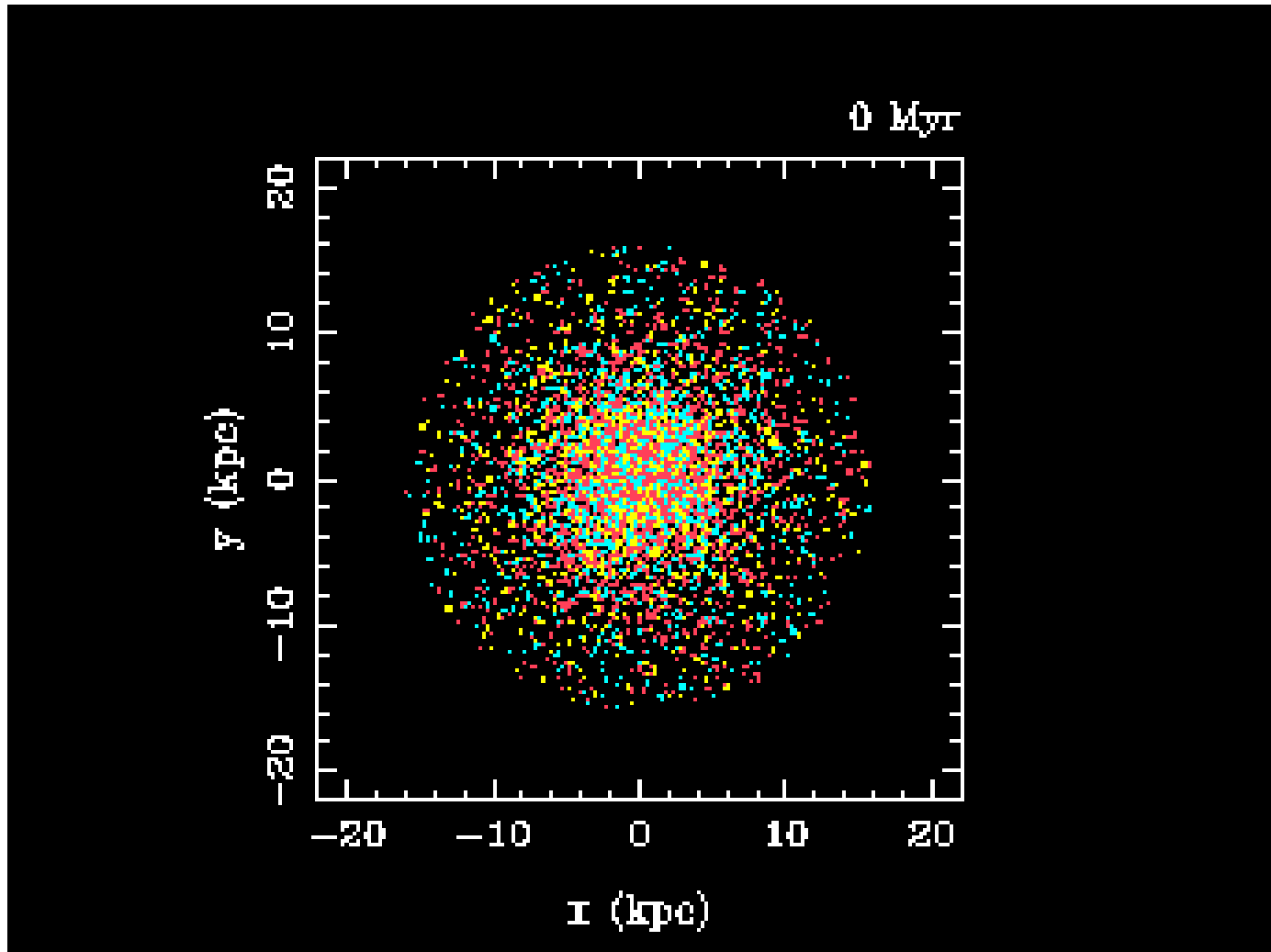
*Las estrellas presentan desplazamientos
“caóticos” en:*

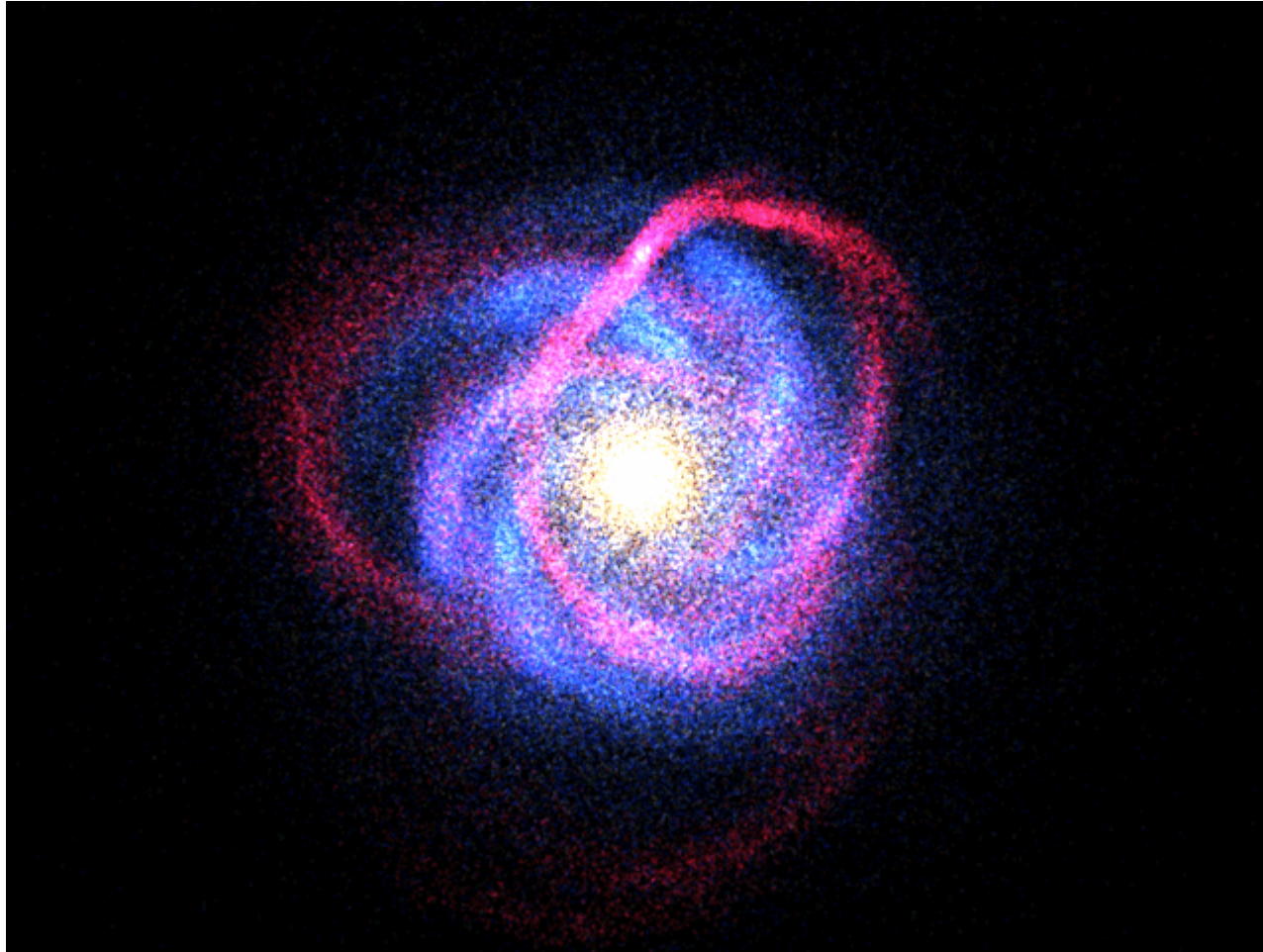
- *Bulbo galáctico.*
- *Brazos espirales.*



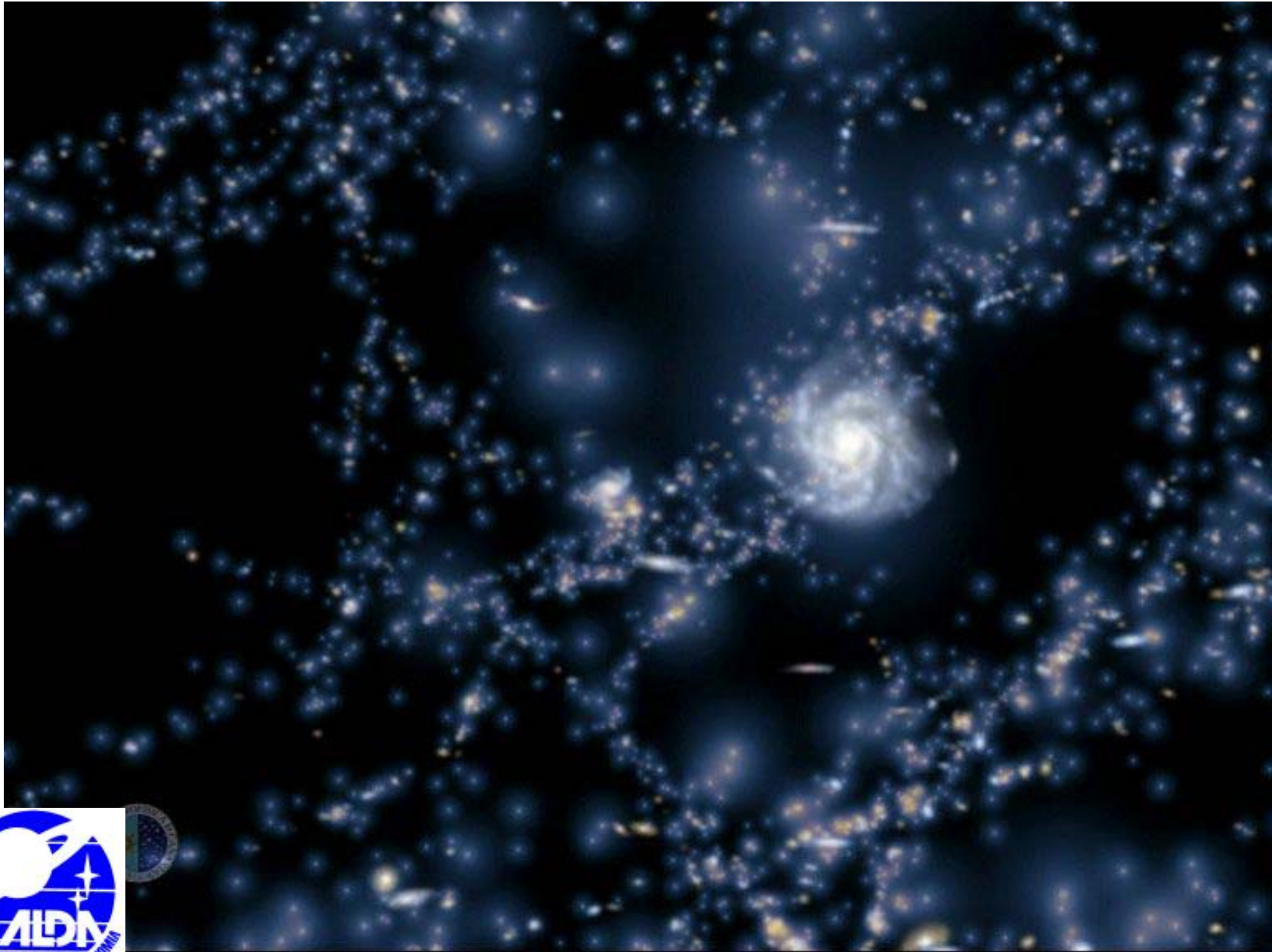
1995.50

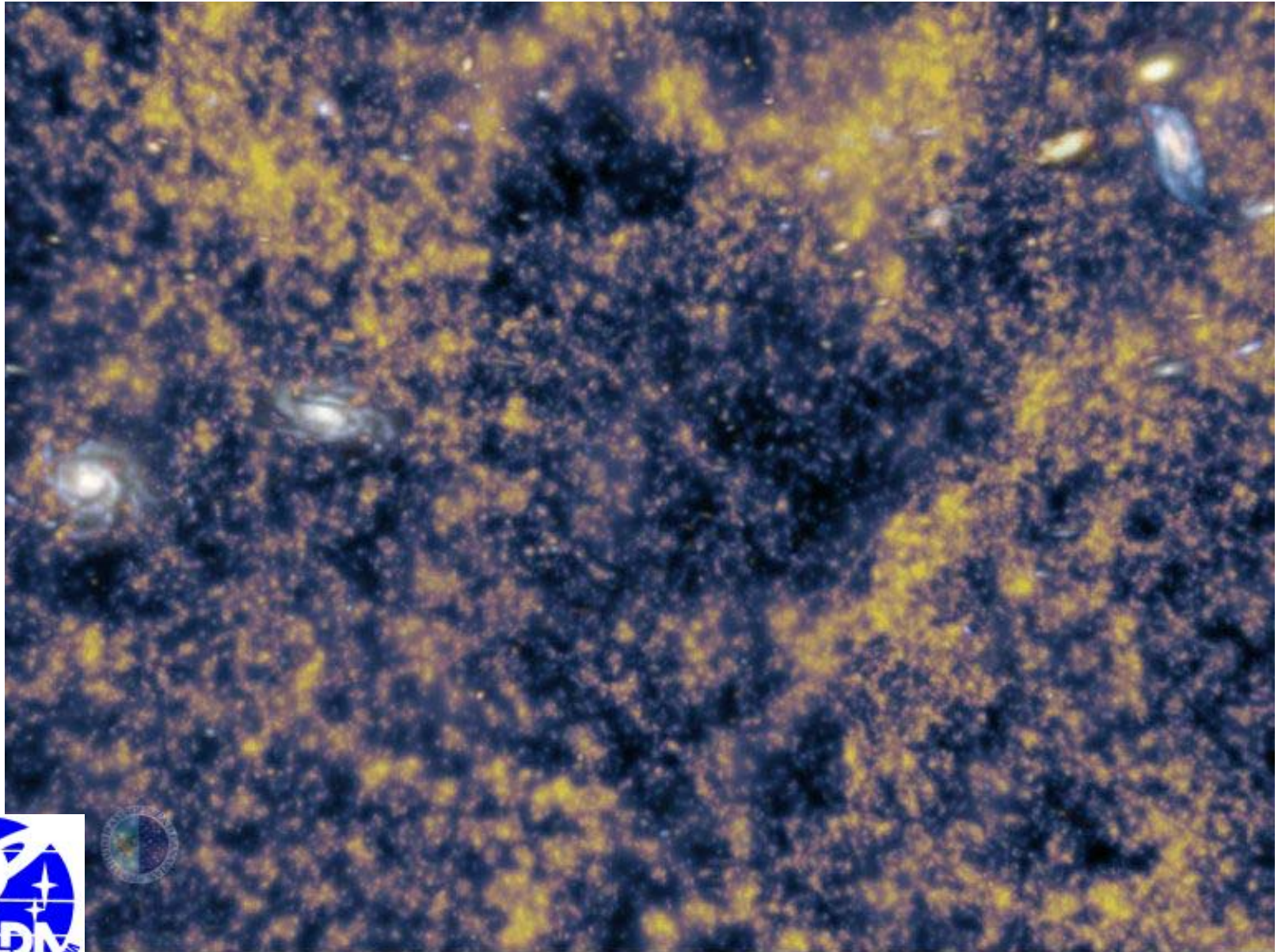


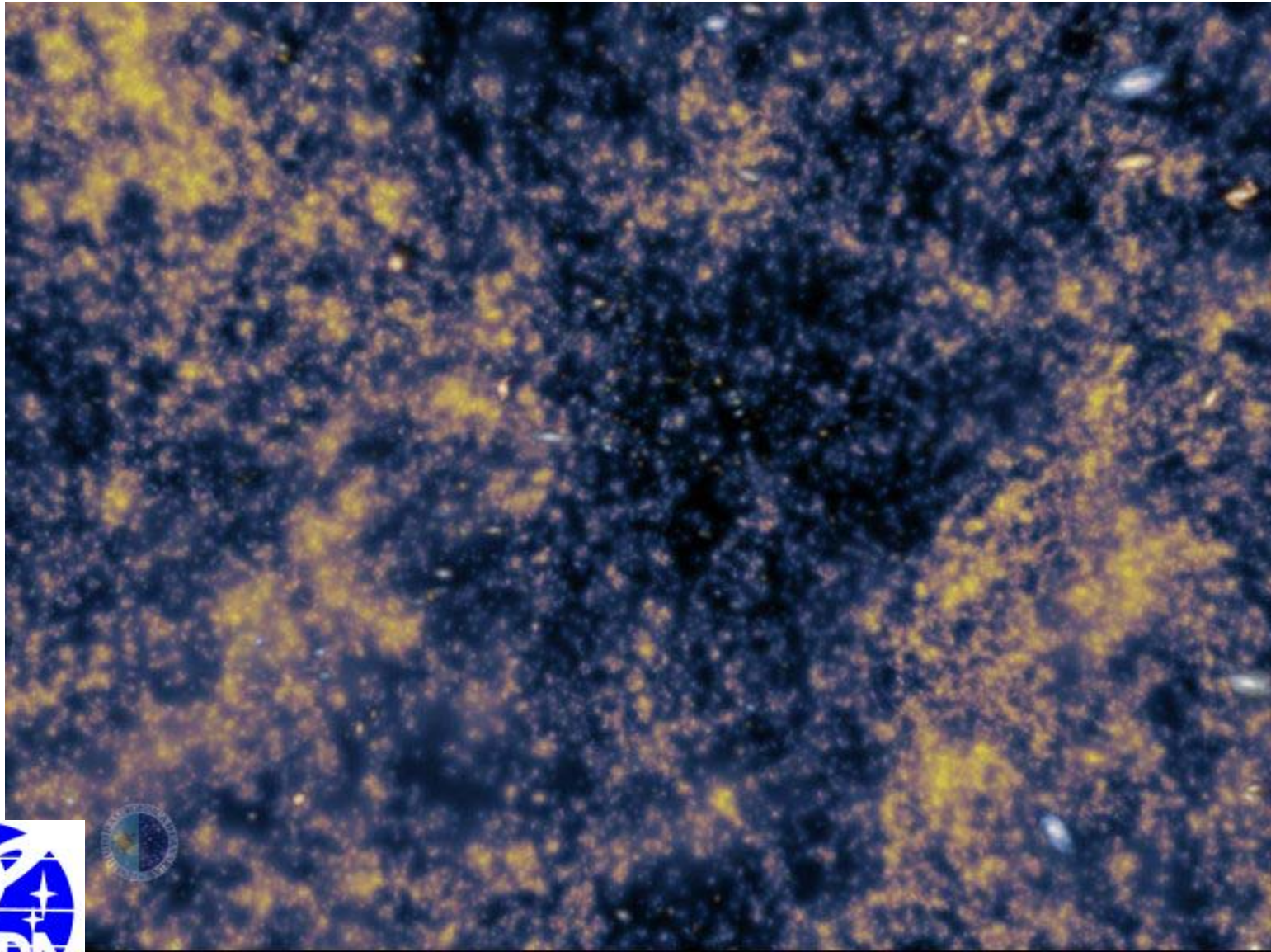


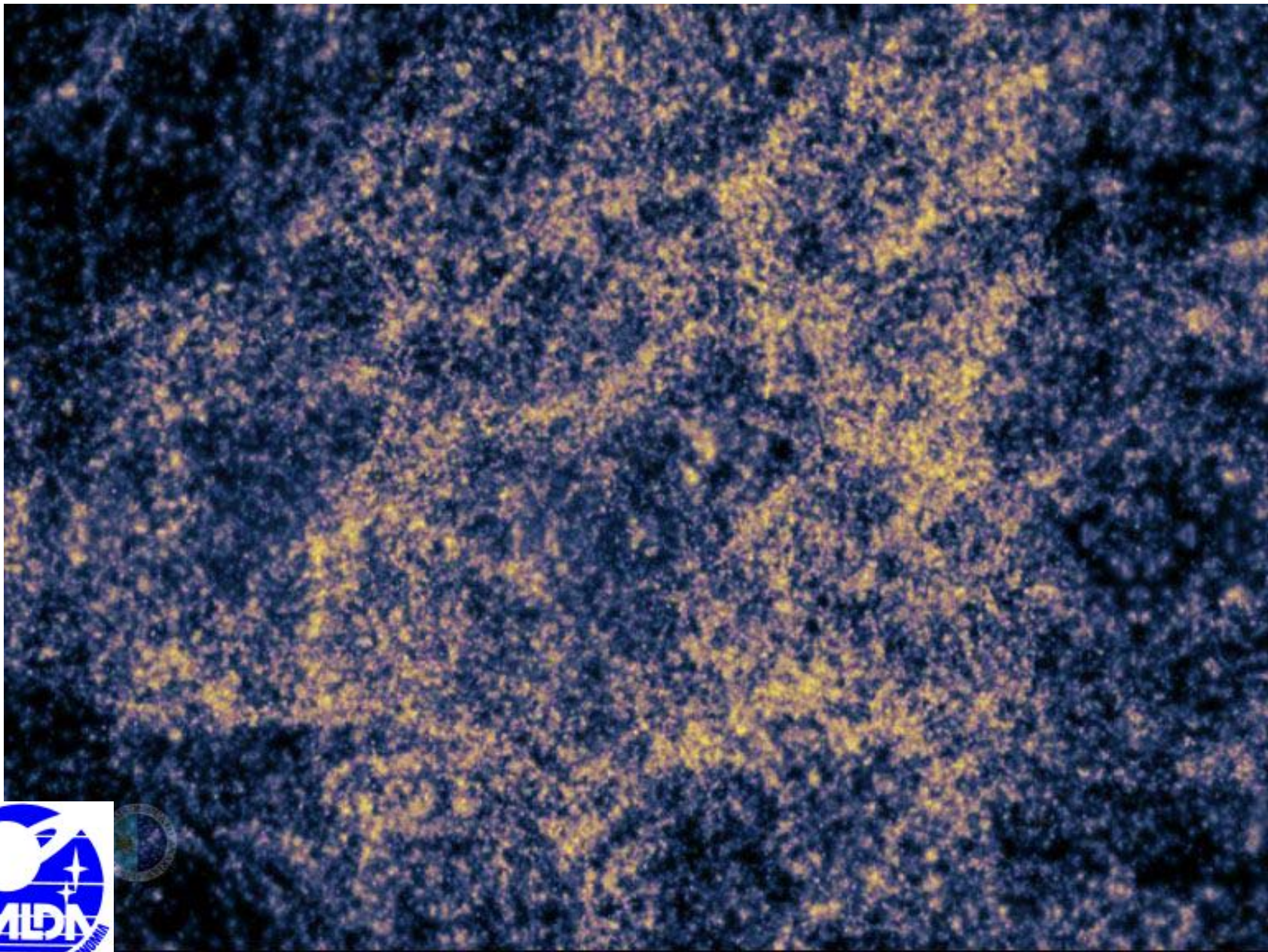


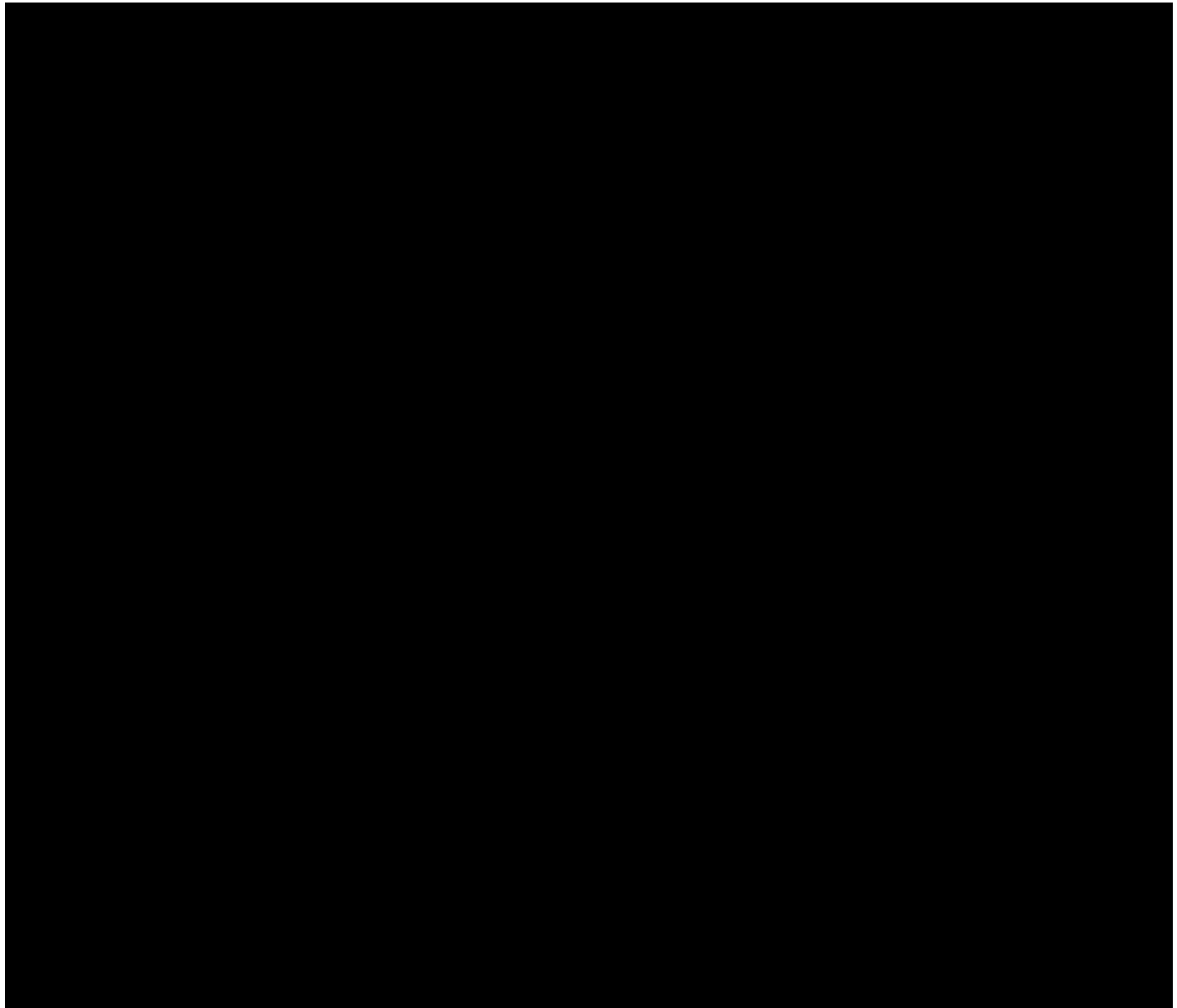
Observatorio Astronómico de Bologna - Italia



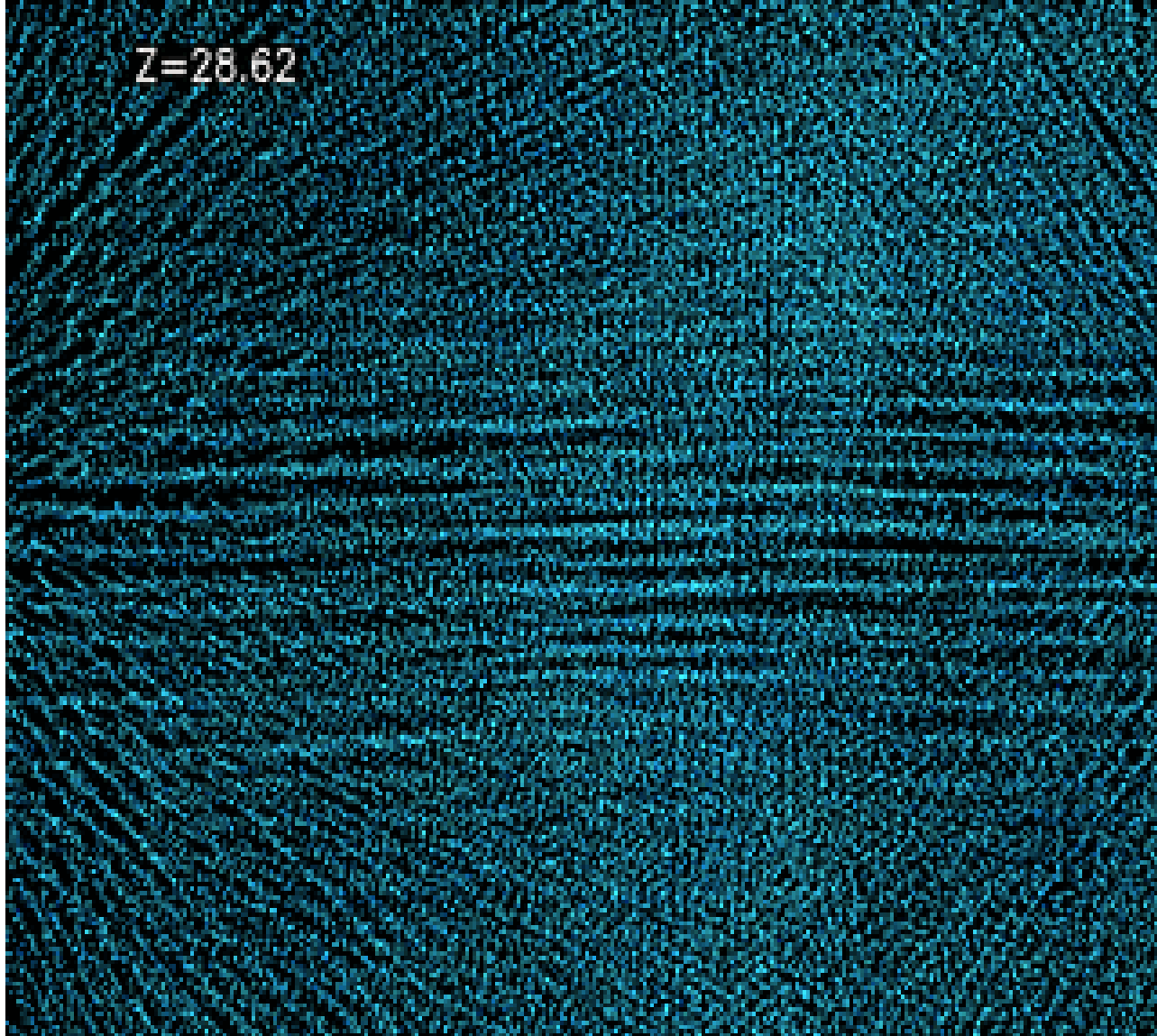


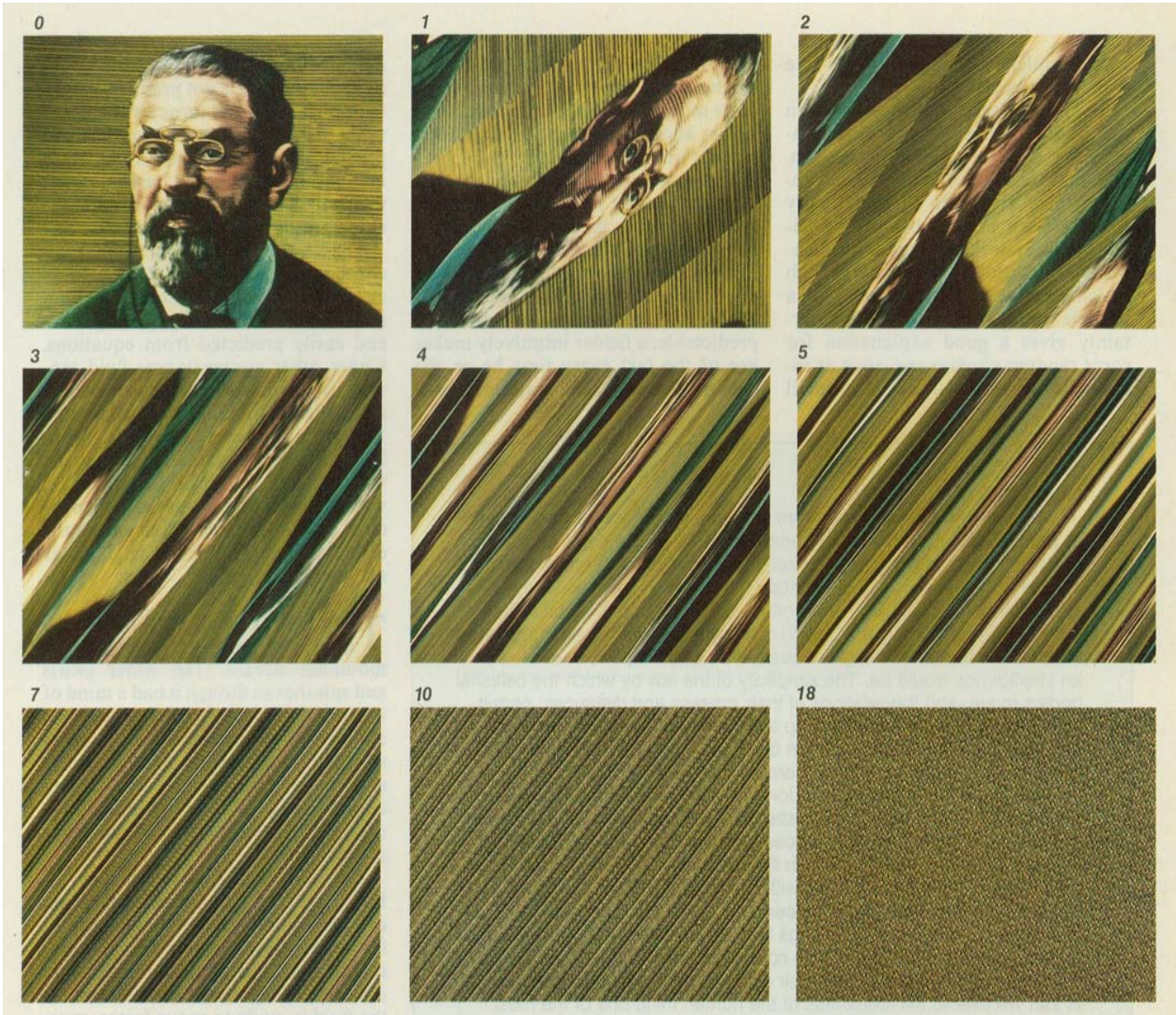




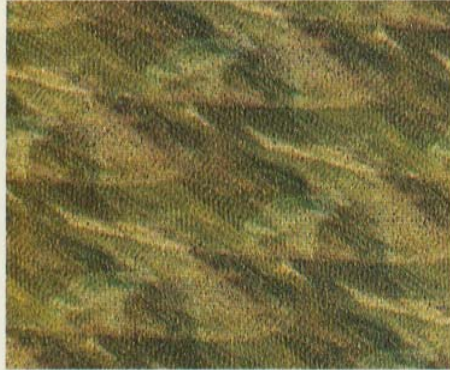


$Z=28.62$





47



48



237



239

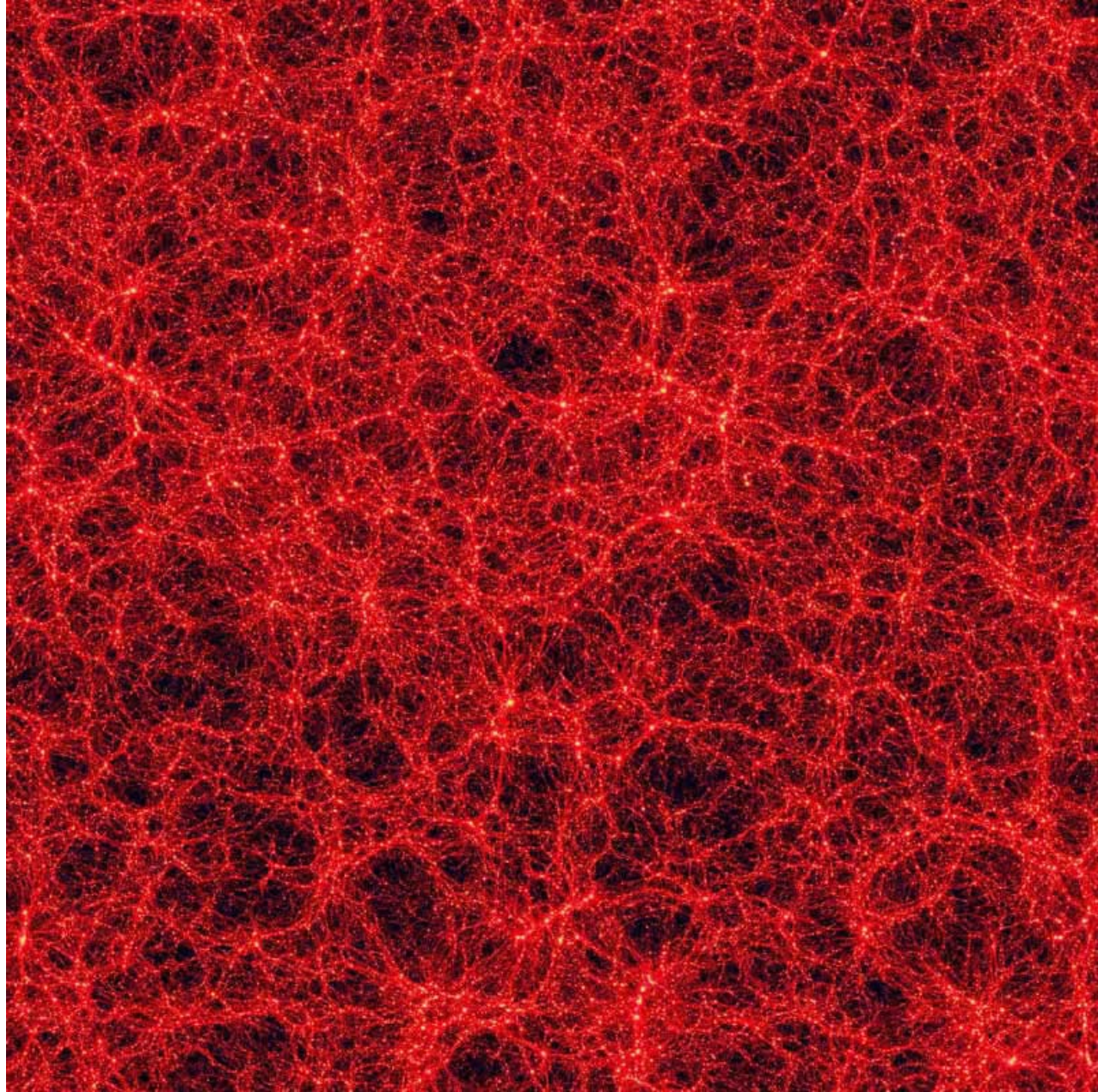


240



241





¡¡ Gracias !!

