

Dinámica Estelar & Estructura de Galaxias

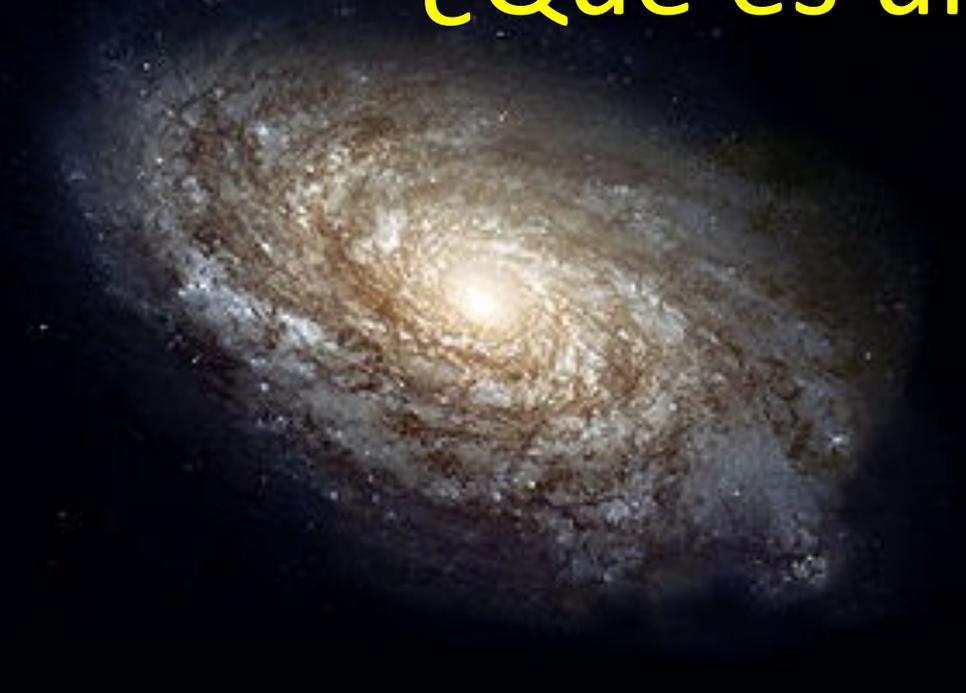


2022 – II

Michael Fellhauer



¿Qué es una galaxia?

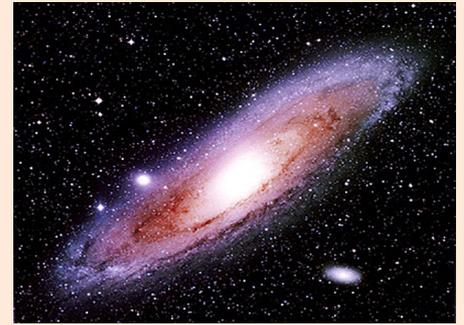
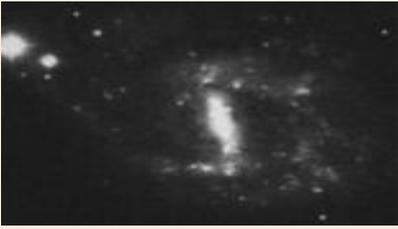


“Definición”

Una galaxia es un sistema masivo ligado gravitacionalmente, que consiste en estrellas y los restos estelares, un medio interestelar de gas y polvo, y un importante pero poco entendido componente tentativamente llamado materia oscura.

El nombre proviene de la raíz griega Galaxias [γαλαξίας], que significa "leche", en referencia a la Vía Láctea.

Galaxias típicas incluyen desde las enanas, con tan sólo diez millones (10^7) estrellas hasta las gigantes con cien billón (10^{14}) estrellas, orbitando el centro de masa de la galaxia.

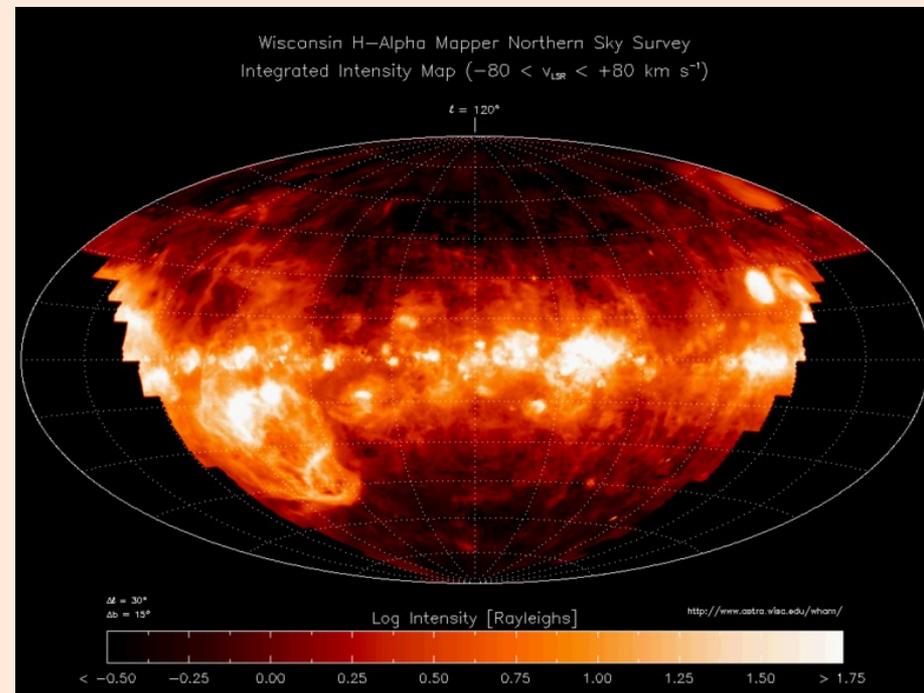


Componentes de una galaxia

ISM (interstellar medium, medio interestelar):

- gas caliente y ionizada (hot, ionised gas)
- gas neutral (warm neutral gas)
- gas frío y molecular (cold molecular gas; giant molecular clouds = GMCs = cumulos moleculares gigantes)
- polvo (dust)

Hidrogeno ionizado en la Vía Láctea

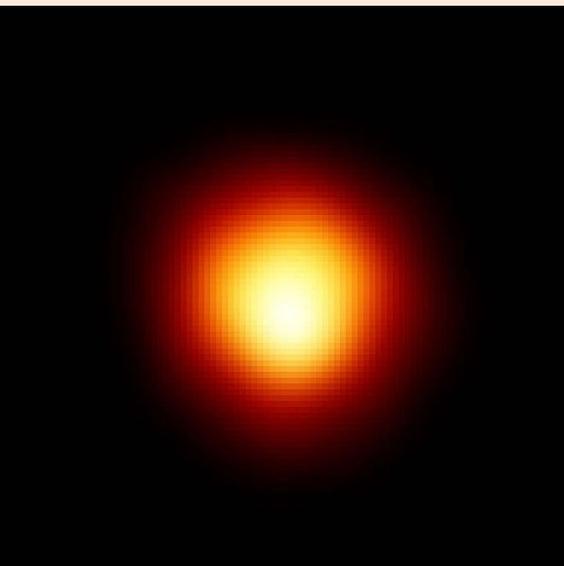


Componentes de una galaxia

Stars (estrellas):

- jóvenes (pre-main sequence stars)
- Estrellas de la Secuencia Principal (Main sequence stars)
- Gigantes y super-gigantes (Giants and super-giants)
- Enanas blancas, estrellas de neutrones agujeros negros, enanas marron (White dwarfs, neutron stars, black holes (BH), brown dwarfs)

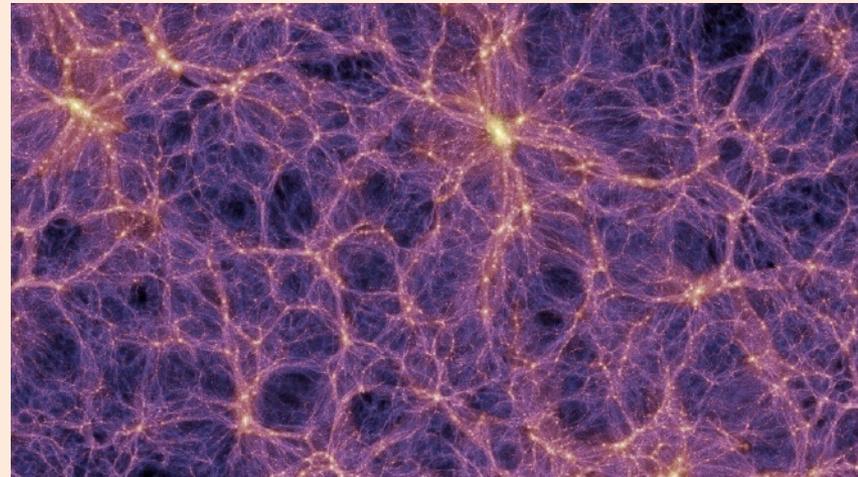
Betelgeuse



Componentes de una galaxia

Cosas exóticas:

- Super-massive black holes (SMBH)
- Partículas estables (e.g. neutrinos)
- Campos magnéticos y rayos cósmicos
- Dark matter (DM, materia oscura)



Historia

Las galaxias se conocían desde hace mucho tiempo como nebulosas

Pero nadie sabía lo que eran

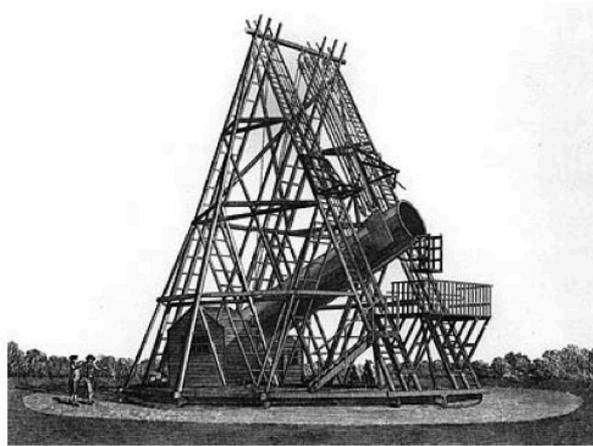
Nebulosas incluyó también cúmulos estelares y eyecciones de supernovas, nebulosas planetarias y las nubes de gas

Catálogo Messier (1764-1782)

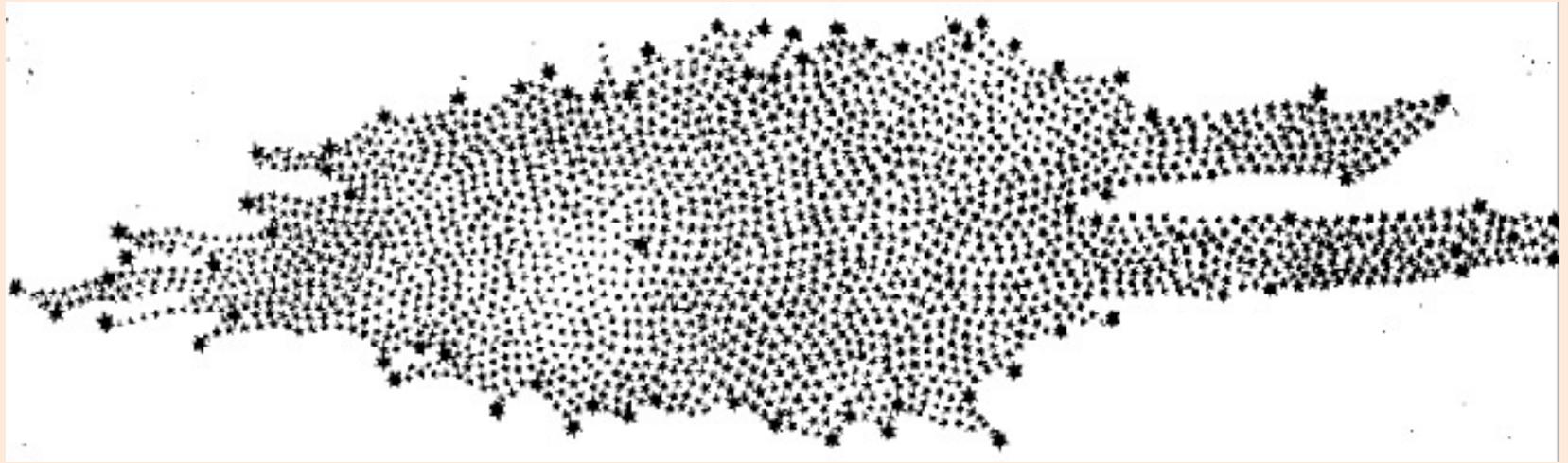
Charles Messier
Catálogo de 103 objetos
difusos
p.ej. M31 = Andromeda







A finales del siglo 18, William y Caroline Herschel utilizó el telescopio más grande de la época para estudiar la forma de nuestra galaxia.



Nuestra galaxia Vía
Láctea, como se ve por
Herschel

universo isla

Immanuel Kant fue un filósofo, pero él también estaba interesado en la astronomía.

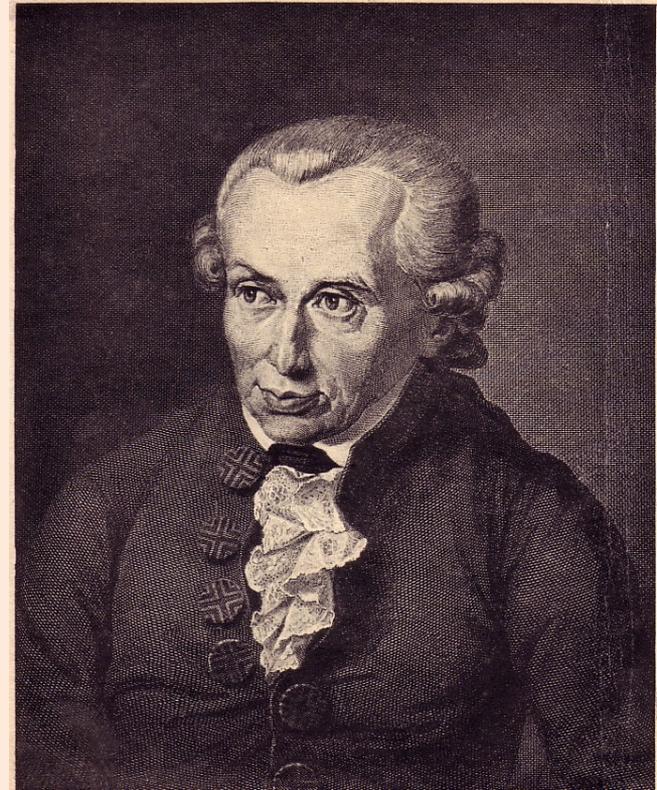
Oyó hablar de la "nebulosa" y postuló que están separados "mundos" similares a las nuestras es decir, la galaxia de la Vía Láctea.

Acuñó el concepto de un "universo isla". En ese momento ninguna prueba observacional existe para apoyar este modelo, pero, sorprendentemente, Kant estaba en lo cierto!

Immanuel Kant (1724-1804)

Immanuel Kant
Kritik der
reinen Vernunft

Reclam

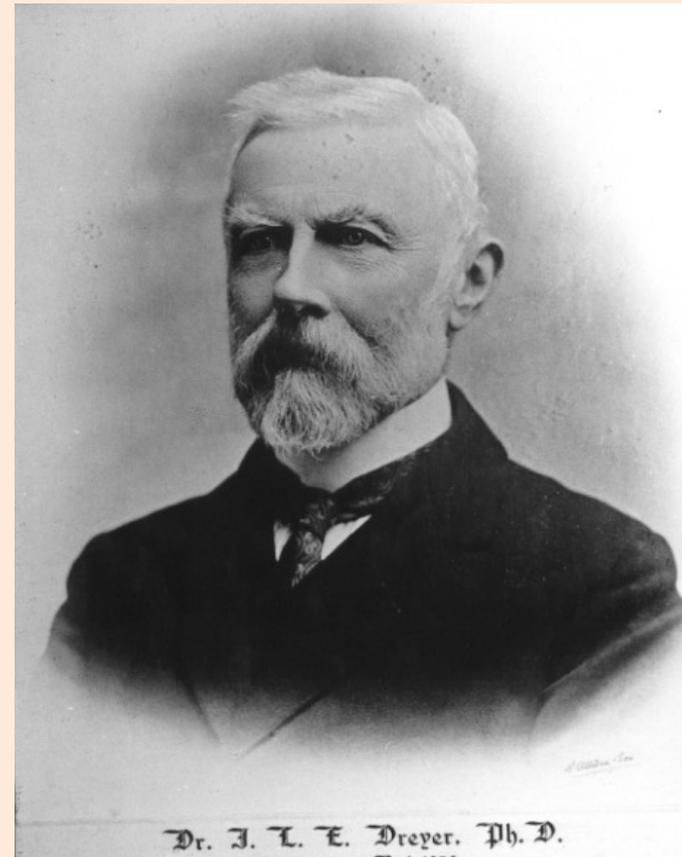


New General Catalogue (1888)

John Dreyer (1852-1926)

Catálogo de 8000
objetos nebulosos

NGC números siguen
siendo muy utilizados y
refinados



The Great Debate (1920)



Harlow Shapley (1885-1972):

- Nebulosas son parte de nuestra propia galaxia la Vía Láctea



Heber Curtis (1872-1942):

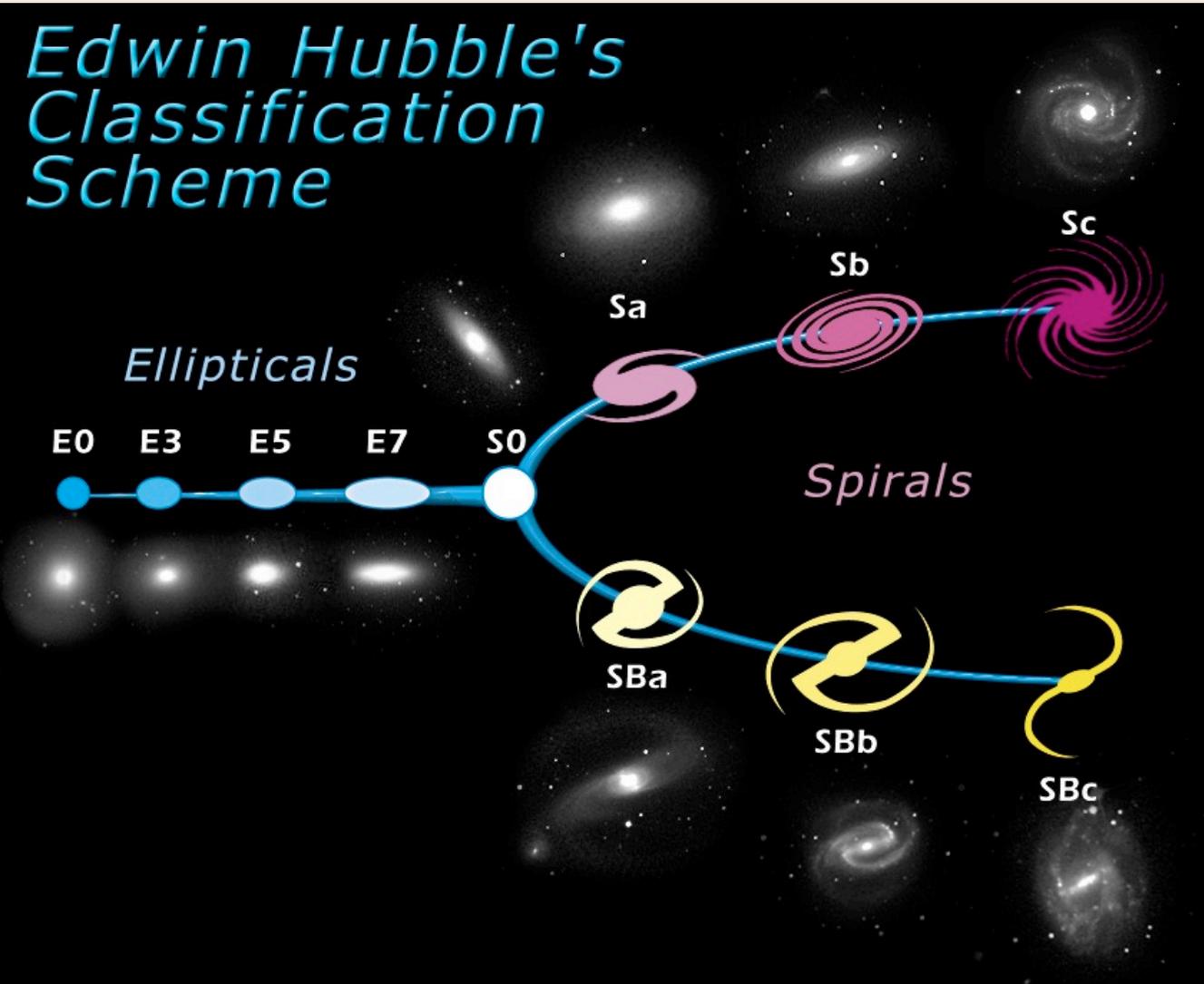
- Nebulosas están muy lejos y fuera de nuestra galaxia

Edwin Hubble (1889-1953)



En 1925 Hubble usó cefeidas y la relación período-luminosidad para mostrar que M31 (Andrómeda) está muy lejos de nuestra Vía Láctea y, de hecho, un objeto similar = una galaxia

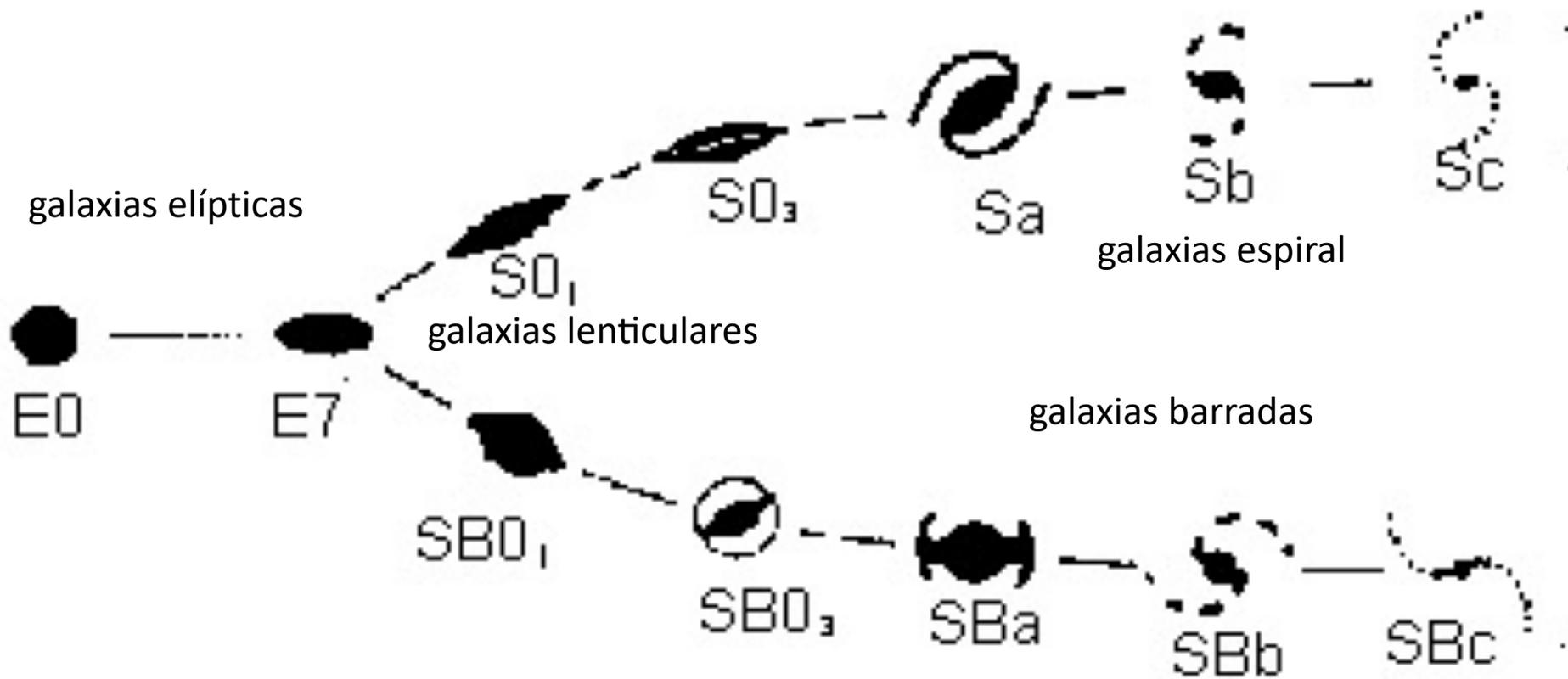
sistema de clasificación de galaxias de Edwin Hubble



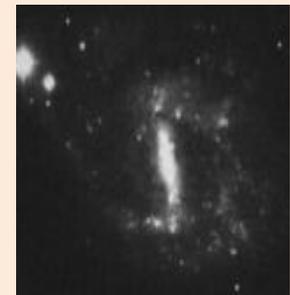
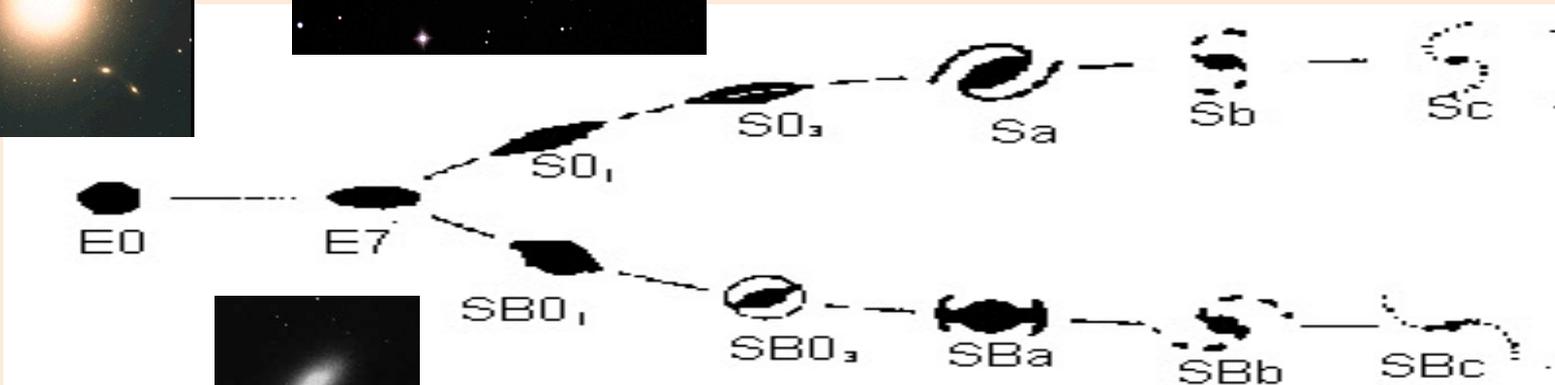
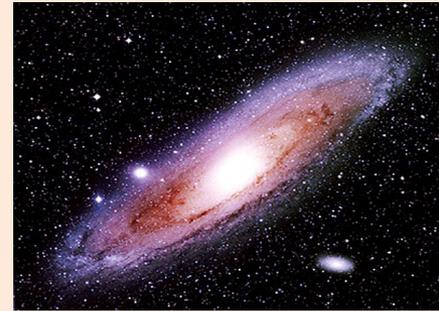
a la izquierda:
galaxias elípticas
(tipo temprano)

a la derecha:
galaxias espirales
(tipo tarde)

Hubble 'tuning fork' diagram



No brazos espirales (lenticular) - brazos apretados - brazos sueltos

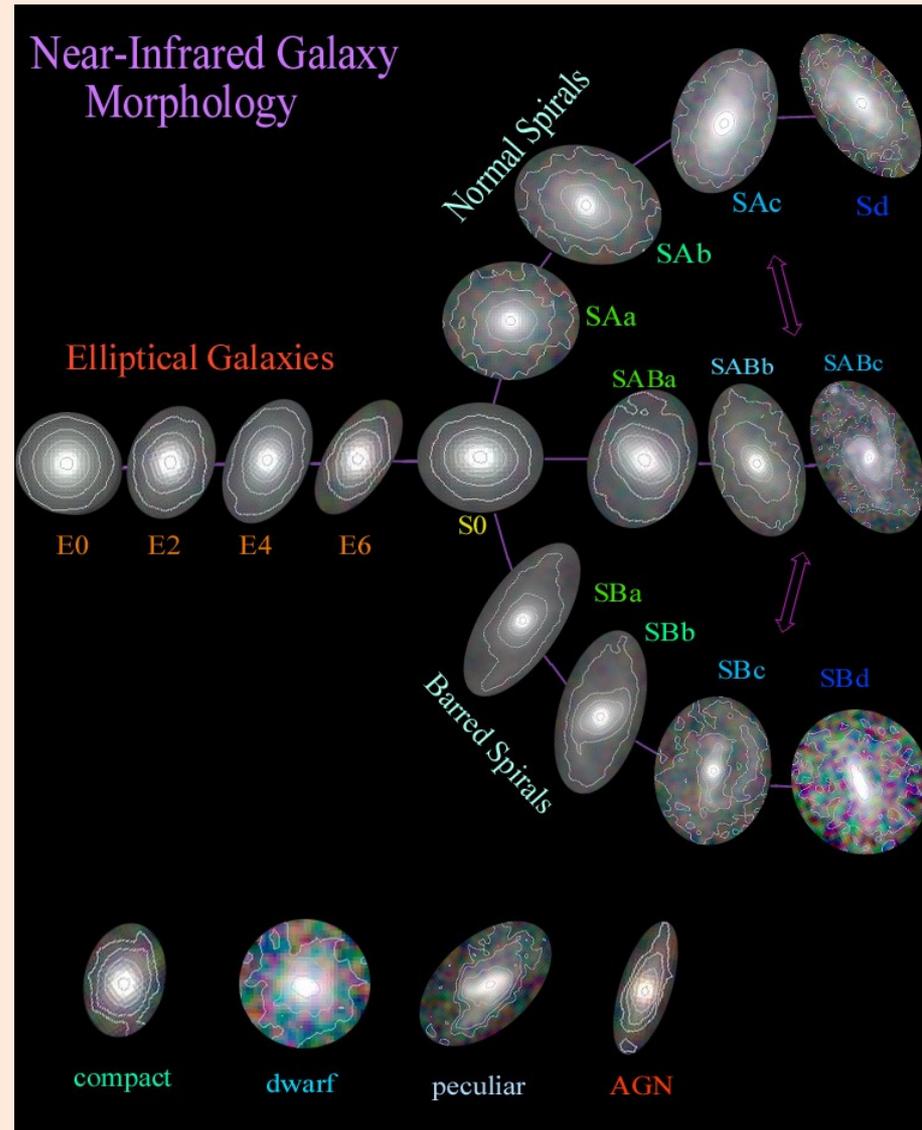


- a ---> c
 1. Importancia relativa del bulbo central disminuye.
 2. La resolución y el predominio de los brazos espirales aumenta.
 3. La presencia de gas, polvo y las regiones de estrellas jóvenes aumenta.
 4. Los brazos espirales están más abiertos.
 5. La luminosidad total disminuye.

Otros esquemas:

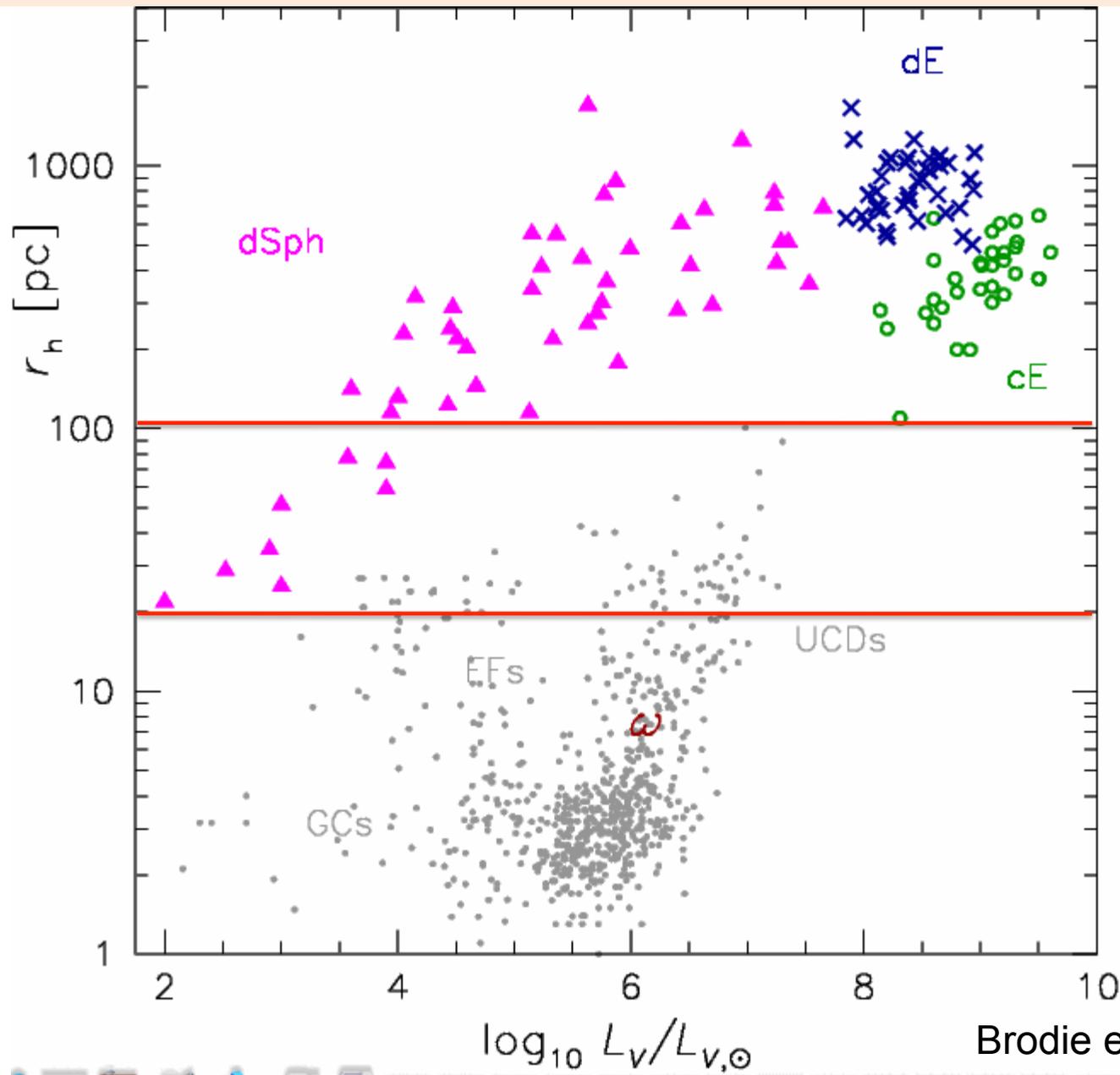
de **Vaucouleur** añadido una tercera rama en el diapasón de Hubble: **SAB**

La Vía Láctea tiene un bulbo, así como un bar



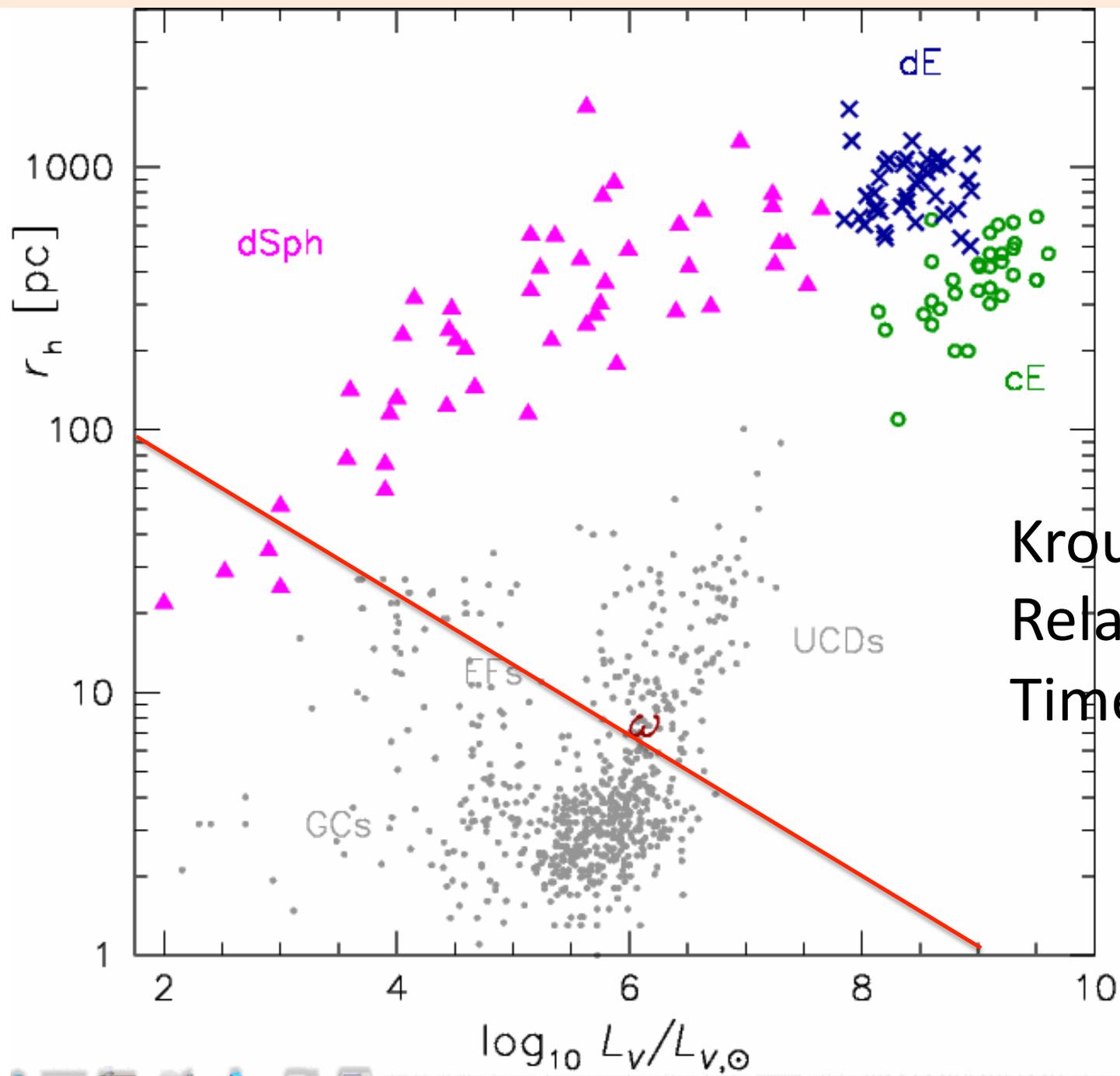
What is a Galaxy ?

- **Gilmore et al. 2007**: Galaxies have dark matter and effective radii > 100 pc. GCs and UCDs are dark matter free star clusters.
- **Kroupa 2007**: Galaxies have Relaxation times $>$ Hubble time. UCDs are galaxies, GCs are star clusters. Both GCs and UCDs are dark matter free.



Gilmore
gap

Brodie et al. 2011



Kroupa
Relaxation
Time

¿ Qué es una galaxia ?

"Una galaxia es un sistema auto-gravitando, compuesto por material interestelar, las estrellas y (probablemente) la materia oscura (y tiene un tiempo de relajación más de un tiempo de Hubble)."

No hay duda, es una galaxia para sistemas grandes.

En escalas pequeñas (galaxias enanas) no es tan seguro que existe una definición correcta.

¿Hay galaxias sin materia oscura, por ejemplo, las galaxias enanas de marea?

¿Existen grupos de estrellas que tienen largos tiempos de relajación?

¿Pueden cúmulos estelares contener materia oscura?

¿Qué es Dinámica Estelar y por qué?

¿Por Qué?

- entendimiento y interpretación de los datos de observaciones
- Modelos auto-consistente en 3 dimensiones de sistemas gravitacionales
- Entendimiento de los procesos físicos
- Formación, dinámica y evolución de sistemas gravitacionales

Observaciones

- Coordinates
- Magnitudes
- Lineas espectrales
- Radial velocity (velocidad radial)
- Proper motion (movimiento propio)
- Luminosidades o densidades en numeros (number density)

+
Teoria de
Dinámica Estelar
=

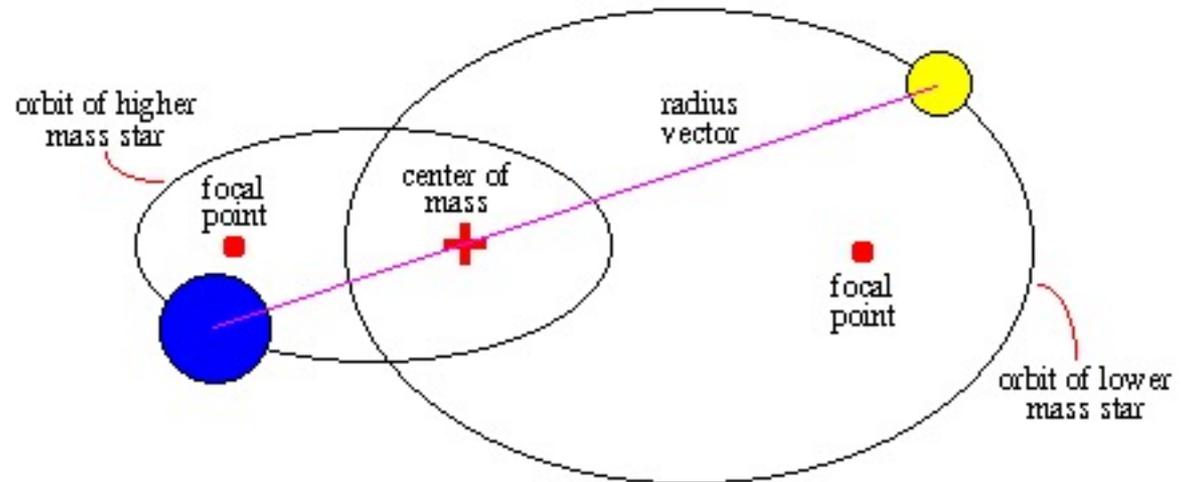
- Conocer la distribución en 3D de la masa
- Entender los procesos físicos
- Dinámica conecta la cinemática con la distribución de densidad estelar y distribución de la masa subyacente
- Sin la comprensión de la dinámica, no puede distinguir entre los modelos de la estructura galáctica plausible

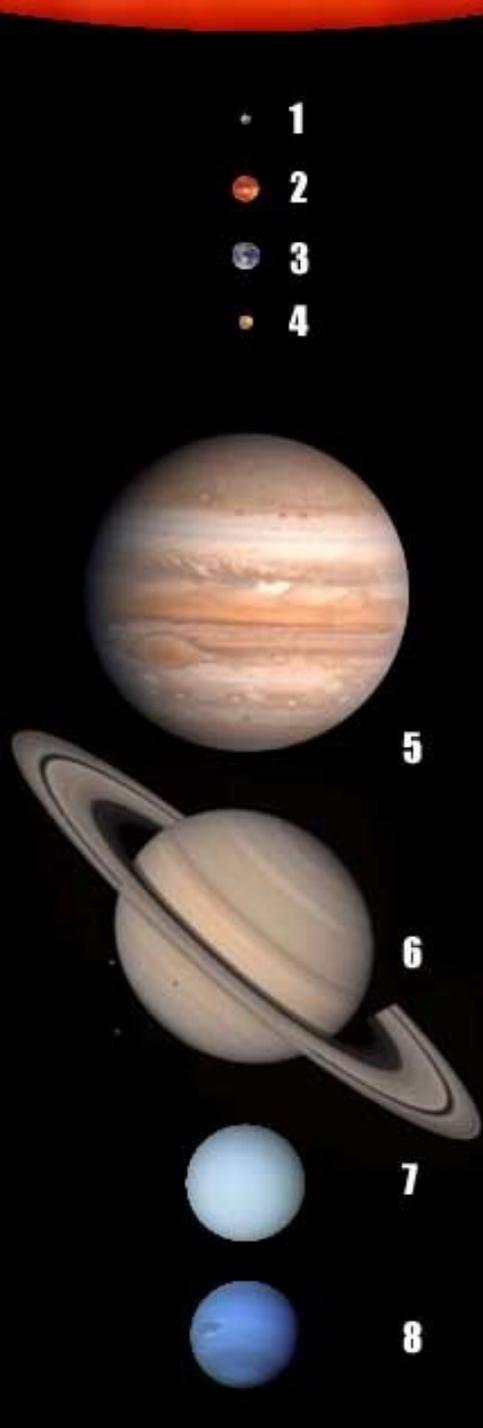
Aplicaciones

- sistemas de dos cuerpos – p.ej. estrellas binarias (permitir de medir masas estelares)



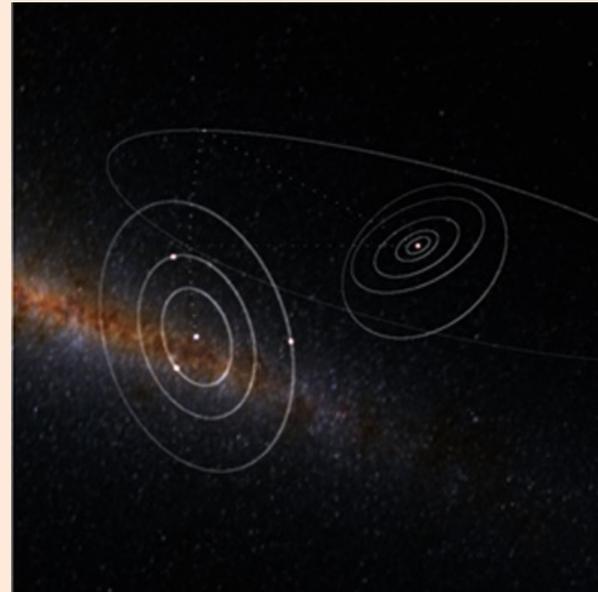
Binary Star Orbit





Aplicaciones

- Sistemas planetarios (p.ej. sistema solar – formación, evolución)



HR8799

Aplicaciones

- Cúmulos de estrellas (abiertos y globulares)

M 5

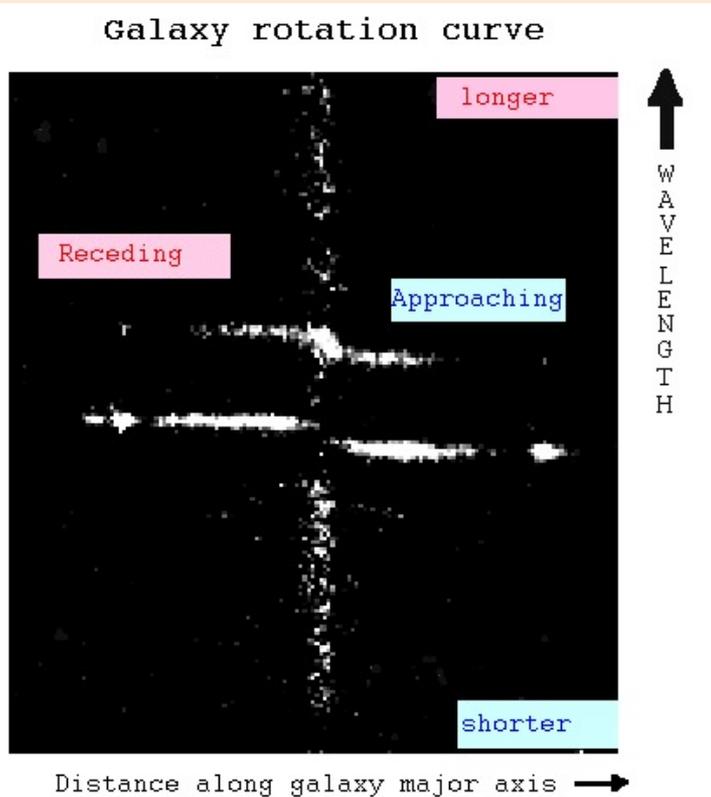


ω Cen



Aplicaciones

- Estructura de galaxias: orbitas de estrellas, curvas de rotación, brazos espirales, dispersión de velocidad



M51

Aplicaciones

- Cúmulos de galaxias

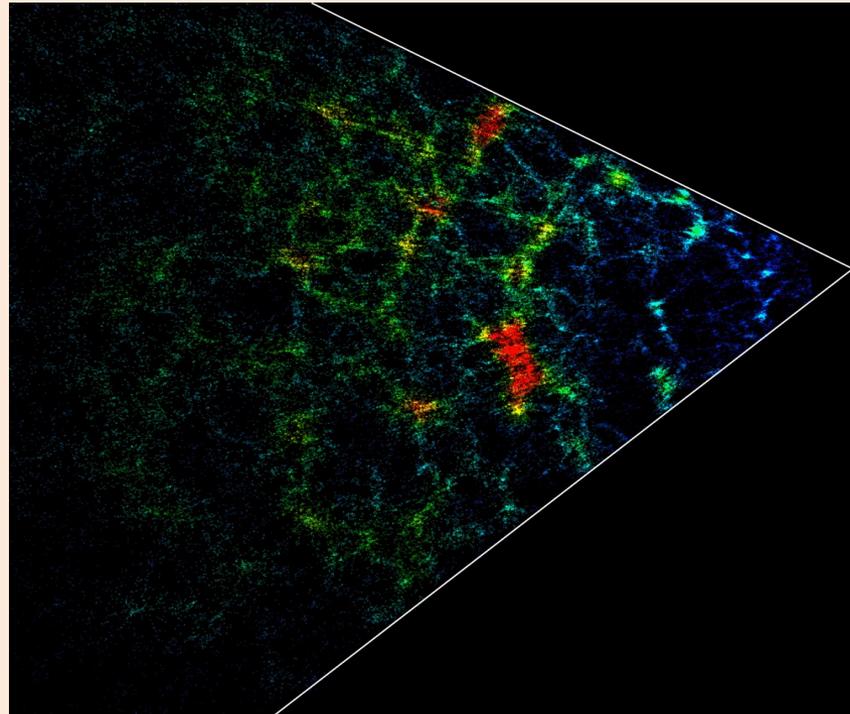
Coma cluster



Aplicaciones

- estructura a gran escala del universo

AAT 2dF galaxy
survey



Aplicaciones

- alimentación de un agujero negro



modelo autoconsistente de un sistema gravitatorio

1 Ecuación de Poisson

distribución de masa
 $\rho(\underline{r})$
densidad de estrellas

fuerzas gravitatorias
 $\Phi(\underline{r})$
potencial gravitacional



3 Ecuación de Jeans
Teorema de Jeans



4 conceptos
dinámicos

2 teoría
orbital

velocidades de las estrellas
 $\underline{v}(\underline{r}), f(\underline{r}, \underline{v})$
órbitas de estrellas

Bibliografía

- James Binney, Scott Tremaine:
Galactic Dynamics
Princeton University Press
la biblia de la dinámica estelar !
- James Binney, Michael Merrifield:
Galactic Astronomy
Princeton University Press