

Galáxias

Rogério Riffel

A descoberta das galáxias

Kant (1755): hipótese dos "universos-ilha": a Via Láctea é apenas uma galáxia a mais em um vasto universo cheio de galáxias.

O catálogo de objetos difusos de Messier (1758-1782)



O grande debate

Até 1908, cerca de 15.000 nebulosas haviam sido catalogadas e descritas. Algumas haviam sido corretamente identificadas como **aglomerados estelares**, e outras como **nebulosas gasosas**. A maioria, porém, permanecia com natureza inexplicada.

Principal pergunta: qual a distância das nebulosas espirais?

Shapley e Curtis (1920): O grande debate: O que são as "nebulosas espirais" (Academia Nacional de Ciências - EUA)

Harlow Shapley: defendeu a hipótese nebular convencional: são objetos da nossa Galáxia .

Heber Curtis: defendeu a hipótese dos universos-ilha: são outras galáxias como a nossa.

Debate inconclusivo!

Um universo de galáxias

Edwin Hubble (1923): um universo de galáxias

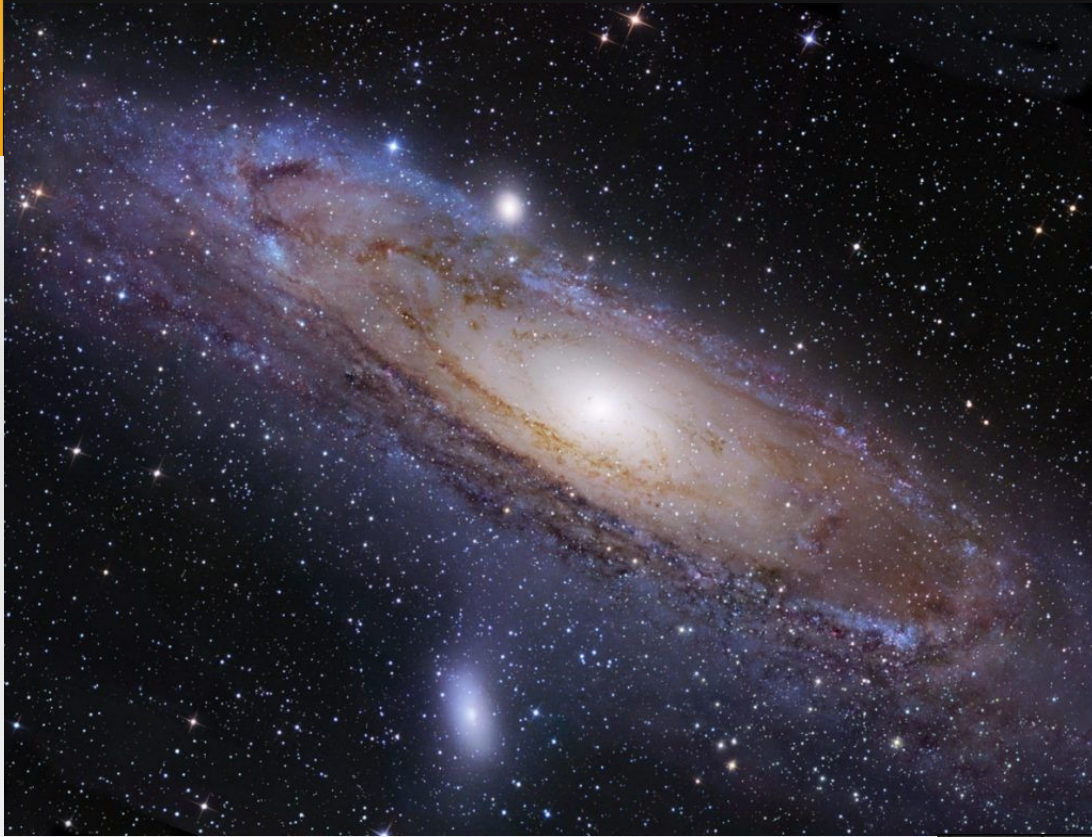
Usa o novo telescópio de 2,5 m de Mt Wilson

Encontra Cefeidas em Andrômeda

Determina suas distâncias através da relação período luminosidade

Comprova que Andrômeda está fora dos limites da Via Láctea





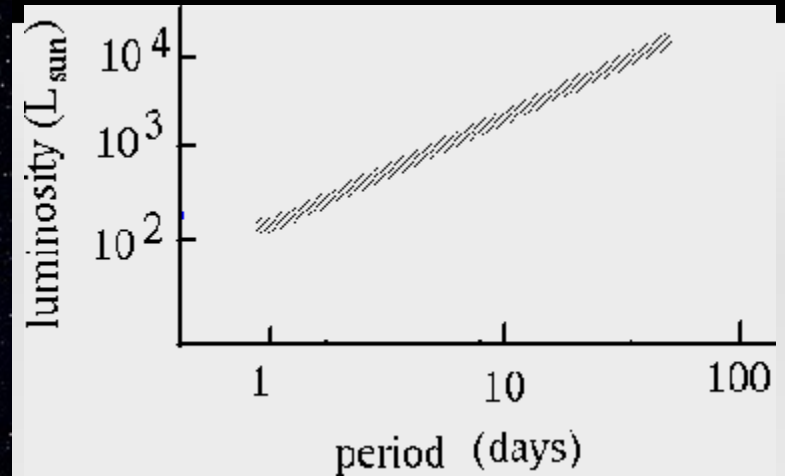
Meade 12 pol.
Terraço do Daef



As galáxias são objetos exteriores à Via Láctea



Andrômeda M31



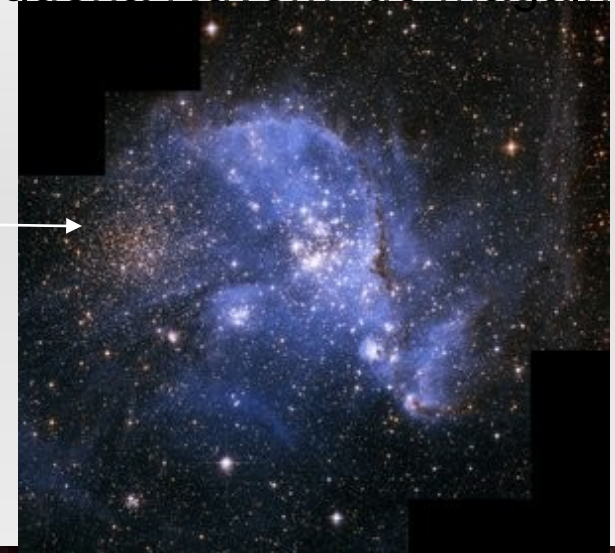
Relação Período-Luminosidade

Em 1923 **Edwin Powell Hubble** (1889-1953) proporcionou a evidência definitiva para considerar as "**nebulosas espirais**" como galáxias independentes;

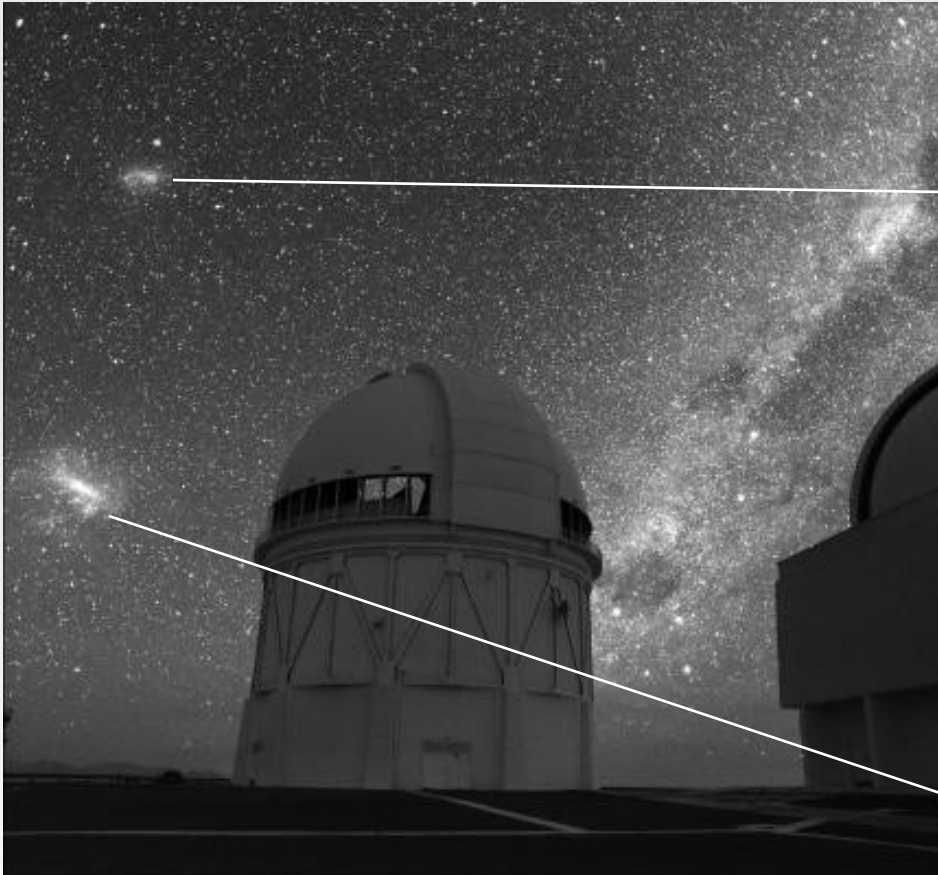
Ao identificar uma variável Cefeida na "**nebulosa**" de Andrômeda (M31). Hubble pode calcular a distância entre esta e a Via Láctea, obtendo um valor de 900 mil anos-luz (atual 2,2 milhões de anos-luz.)

As Nuvens de Magalhães

Pequena Nuvem de Magalhães



Grande Nuvem de Magalhães



As Nuvens de Magalhães distam
160.000 anos Luz da Via Láctea

Classificação morfológica de galáxias

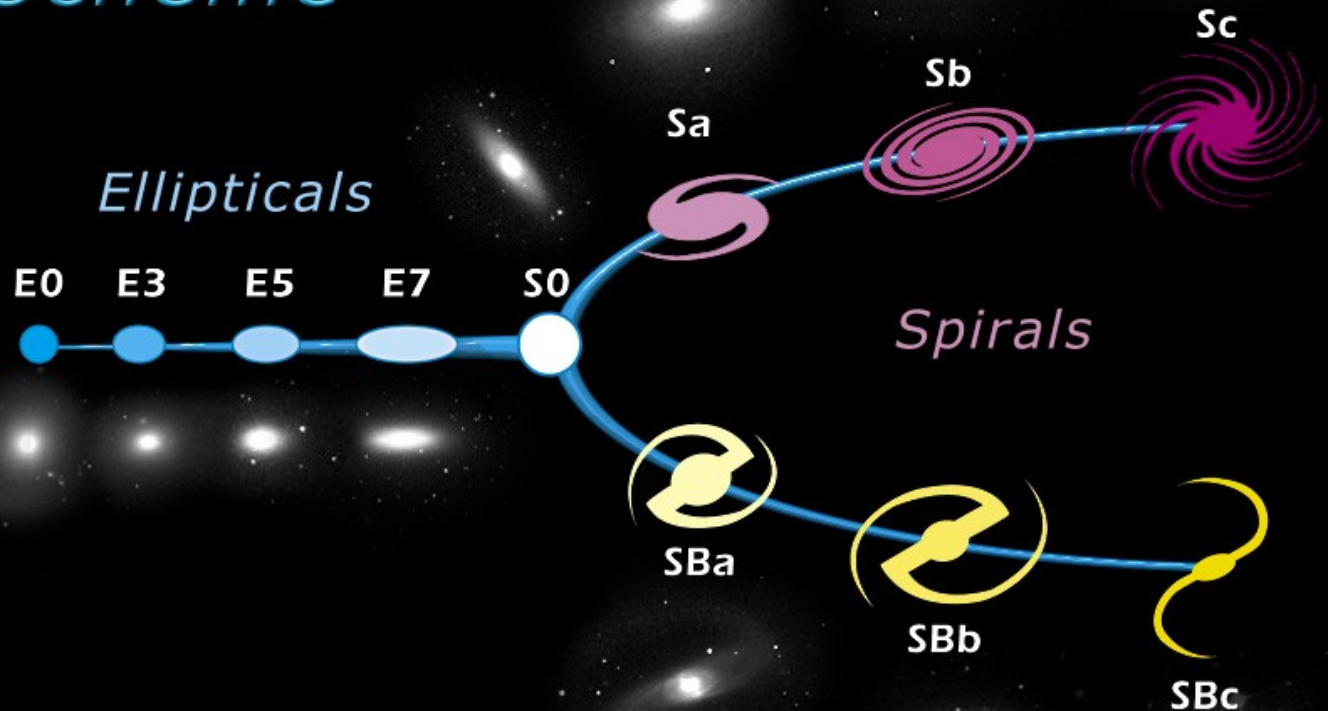
Hubble (1936)

Elípticas

Espirais

Irregulares

*Edwin Hubble's
Classification
Scheme*



Espirais

As galáxias espirais, quando vistas de frente, apresentam uma clara estrutura espiral. Andrômeda (M31) e a nossa própria Galáxia são espirais típicas. **Elas possuem um núcleo, um disco, um halo, e braços espirais.**

Todas as espirais têm duas componentes morfológicas

1) disco composto de estrelas, gás e poeira. No disco encontra-se a estrutura espiral

2) Esferoide de estrelas, com pouco gás e pouca poeira: núcleo, bojo e halo.

- classificam-se de acordo com o tamanho do bojo e grau de enrolamento dos braços espirais.

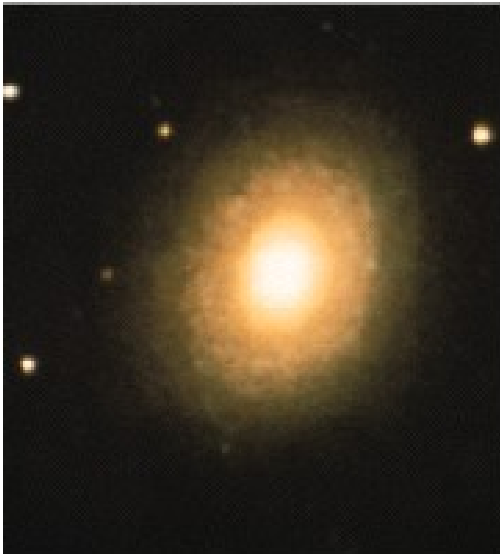
Espirais Ordinárias (S)

Os braços espirais partem do núcleo

Sa: núcleo maior, braços pequenos e bem enrolados

Sb: núcleo e braços intermediários

Sc: núcleo menor, braços grandes e mais abertos



Sa



Sb



Sc

Espirais Barradas (SB)

Espirais barradas: os braços espirais partem de uma barra formada de estrelas

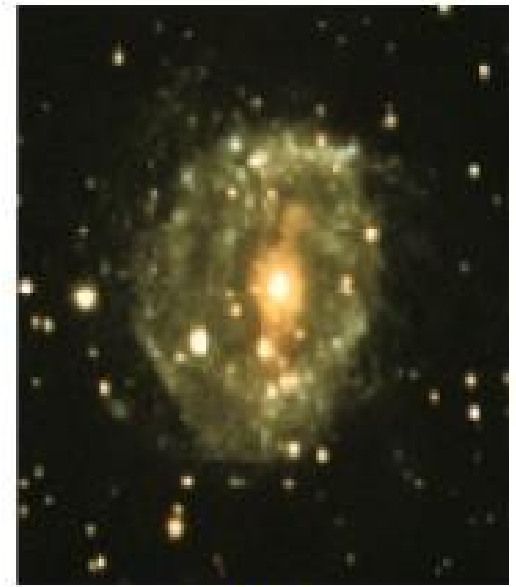
SBa, SBb e SBc



SBa



SBb



SBc

Elípticas

Só tem a componente esferoidal, mostrando pouca estrutura interna.

- forma elíptica
- não têm disco, braços espirais, nem gás nem poeira

Classificam-se de acordo com o achatamento aparente (n)

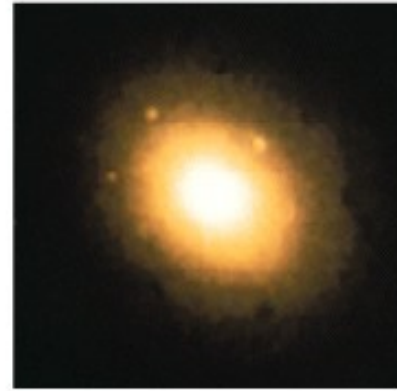
E0 é circular: $b/a=1$

E7 é a mais achatada. ($b/a=0,3$)

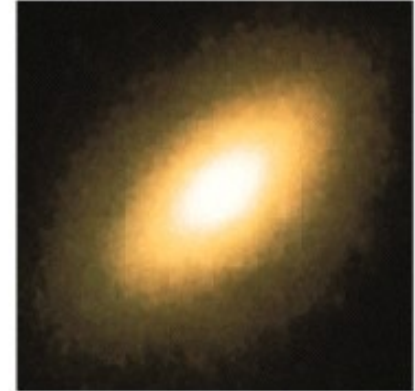
$n = 10 \times (1 - b/a)$



E0



E3



E6

Irregulares (I)

Apresentam estrutura irregular, caótica.



Foto das galáxias irregulares Grande Nuvem de Magalhães e Pequena Nuvem de Magalhães, obtidas no Anglo-Australian Observatory.

Principais características de cada tipo

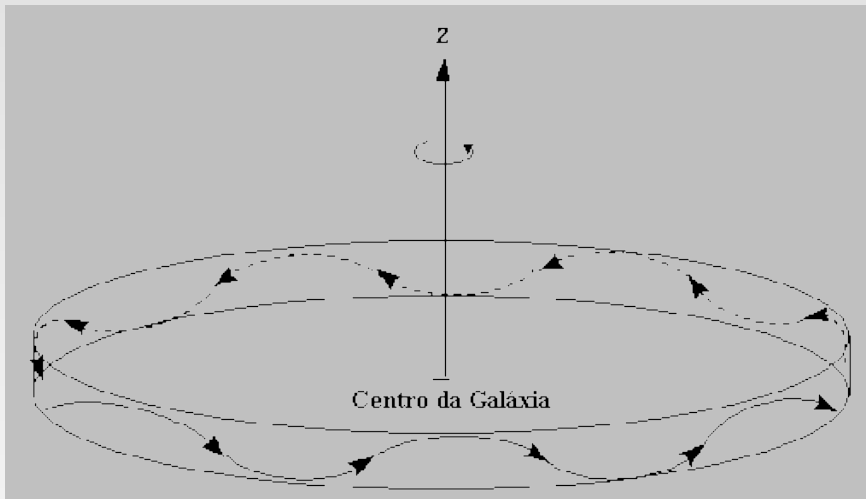
Principais características dos diferentes tipos de galáxias

Propriedade	Espirais	Elípticas	Irregulares
Massa (M_{\odot})	10^9 a 10^{12}	10^5 a 10^{13}	10^8 a 10^{11}
Diâmetro (10^3 parsecs)	5 - 30	1 - 1000	1 - 10
Luminosidade (L_{\odot})	10^8 a 10^{11}	10^6 a 10^{12}	10^7 a 2×10^9
População estelar	velha e jovem	velha	velha e jovem
Tipo espectral	A a K	G a K	A a F
Gás	bastante	muito pouco	bastante
Poeira	bastante	muito pouca	varia
Cor	azulada no disco amarelada no bojo	amarelada	azulada
Estrelas mais velhas	10^{10} anos	10^{10} anos	10^{10} anos
Estrelas mais jovens	recentes	10^{10} anos	recentes

Massa das galáxias Espirais

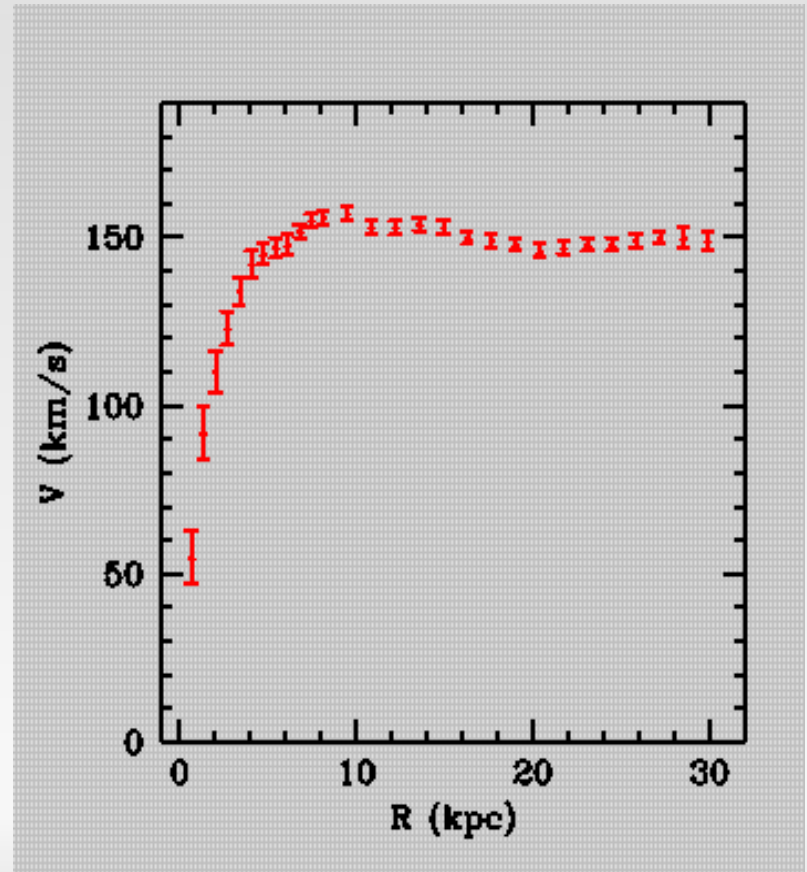
Assume-se que as estrelas e o gás são mantidos em sua órbita pela massa interna à órbita.

Rotação em um disco



$$F_c = F_g$$

$$M(R)^{\text{espirais}} = \frac{R [v(R)]^2}{G}$$



Massa das galáxias Elípticas

É estimada a partir do teorema do Virial: $E_G + 2E_C = 0,$

A energia cinética das estrelas é:

$$E_C = \frac{M v^2}{2}$$

onde M é a massa total da galáxia e V é a velocidade média das estrelas, medida pelo alargamento das linhas espectrais.

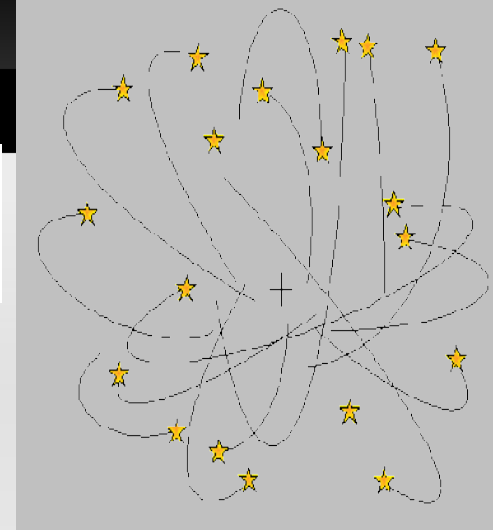
A energia potencial gravitacional é:

$$E_G = -\frac{G M^2}{2R}$$

onde R é o raio médio da galáxia que pode ser estimado a partir da distribuição de luz.

A massa da galáxia será:

$$M^{\text{elípticas}} = \frac{2V^2 R}{G}$$



Formação de galáxias

As estrelas mais velhas das galáxias espirais são tão velhas quanto as estrelas mais velhas das galáxias elípticas

Todas as galáxias começaram a se formar mais ou menos na mesma época do universo:

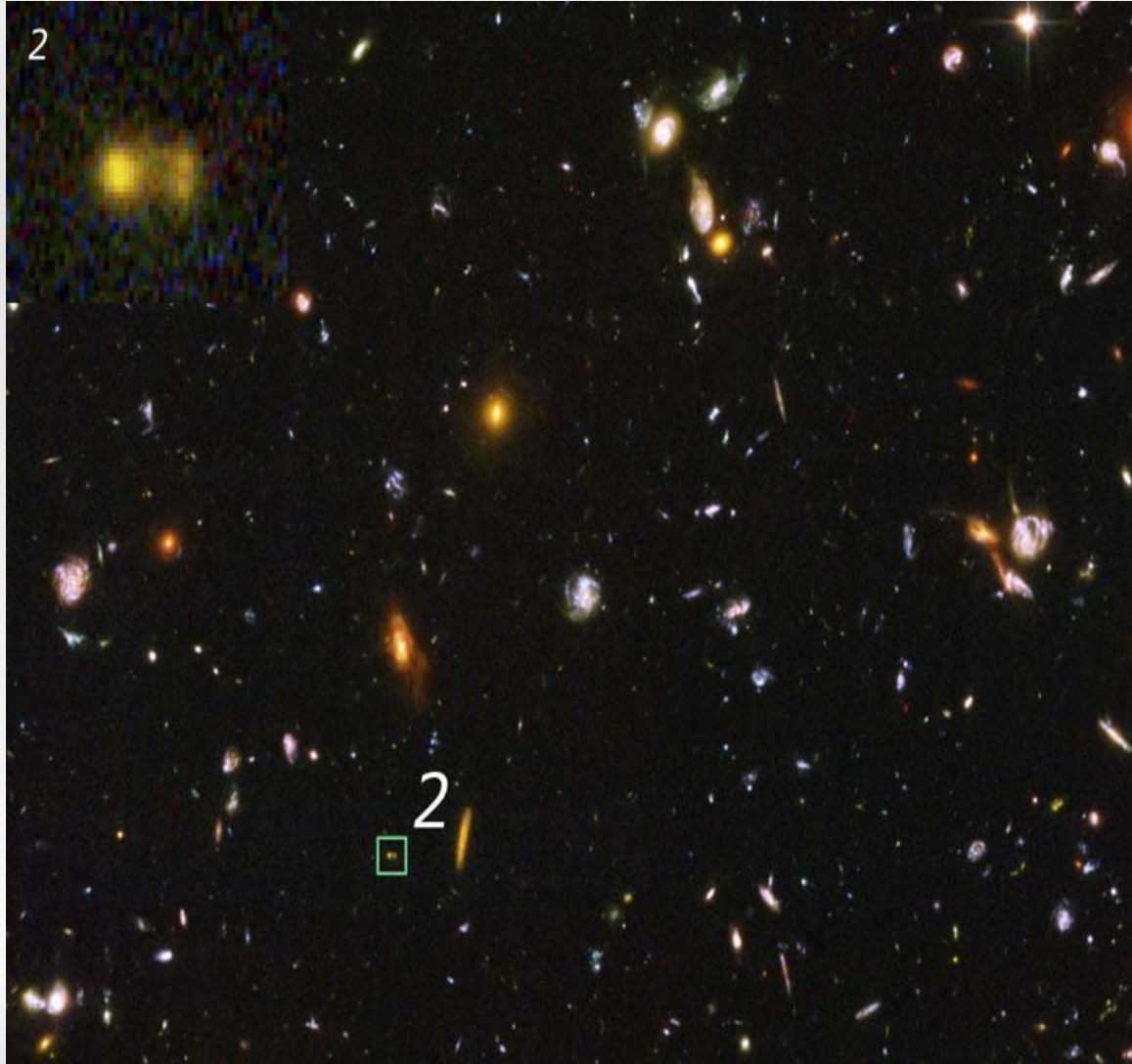
Galáxias elípticas se formaram a partir de nuvens densas, com pouca rotação, e alta taxa de formação estelar

Galáxias espirais se formaram a partir de nuvens menos densas, com maior rotação, e menor taxa de formação estelar.

Formação de galáxias

Galáxias em formação no universo jovem. O objeto marcado com o número 2 está ampliado no canto superior esquerdo da figura, mostrando tratar-se de duas pequenas galáxias se juntando para formar uma galáxia maior. O redshift desse objeto é $z=4,88$, indicando que sua idade é menos da metade da idade atual do universo.

[Crédito:NASA, ESA, e N. Pirzkal STScI/ESA) et al.]



Formação de sistemas esferoidais

- As primeiras estrelas a se formarem (pop II) eram pobres em metais, formaram componentes esferoidais e aglomerados globulares
- Estrelas massivas de pop II explodiram como supernovas e enriqueceram o gás com metais
- Estrelas de pop II que ainda existem atualmente são todas de baixa massa
- Como a formação estelar parou cedo nos sistemas esferoidais (elípticas, bojos e halos), nenhuma estrela foi gerada nesses sistemas a partir do gás enriquecido

Formação de discos

Um disco de gás já enriquecido pela explosão das SN no halo é formado pela rotação rápida

- Forma-se a 1.a geração de estrelas de pop I no disco em rotação
- As estrelas mais massivas formadas tornam-se supernovas, enriquecendo ainda mais o meio interestelar
- As gerações subsequentes de estrelas têm cada vez mais metais
- A formação estelar continua no disco até hoje