

## 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**

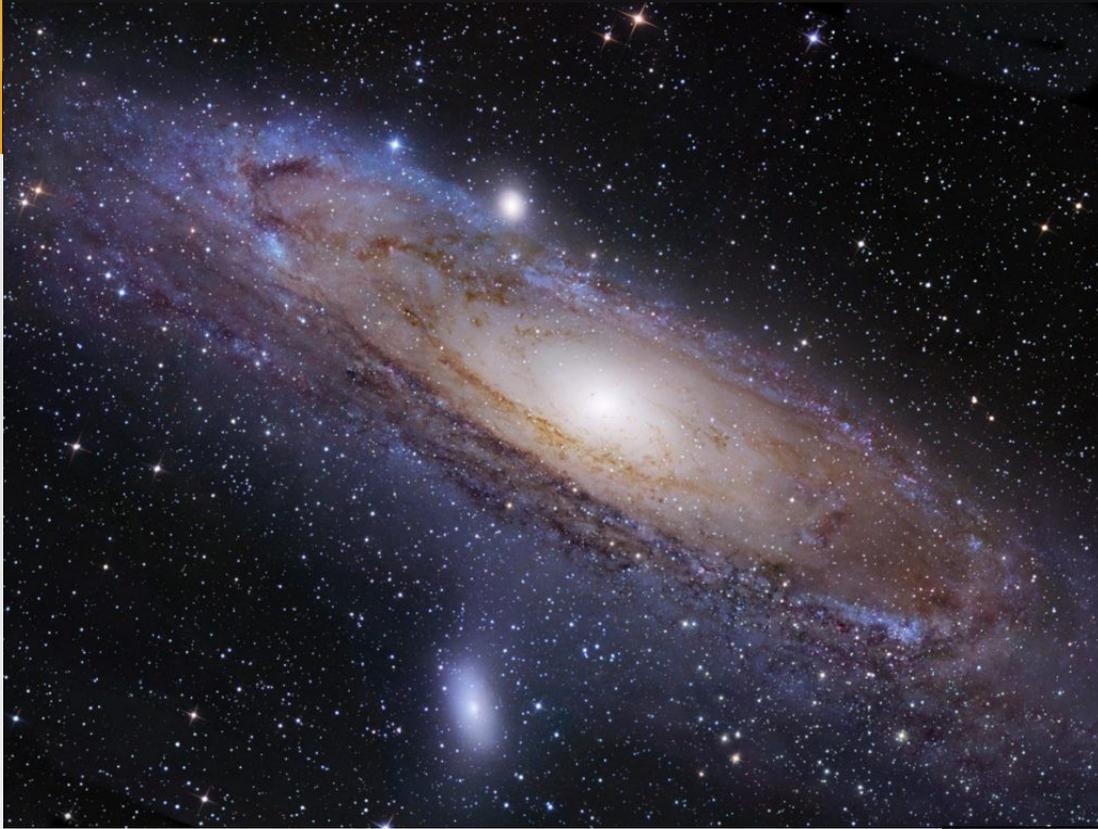
Usa o novo telescópio de 2,5 m de Mt Wilson

Encontra Cefeidas em Andrômeda

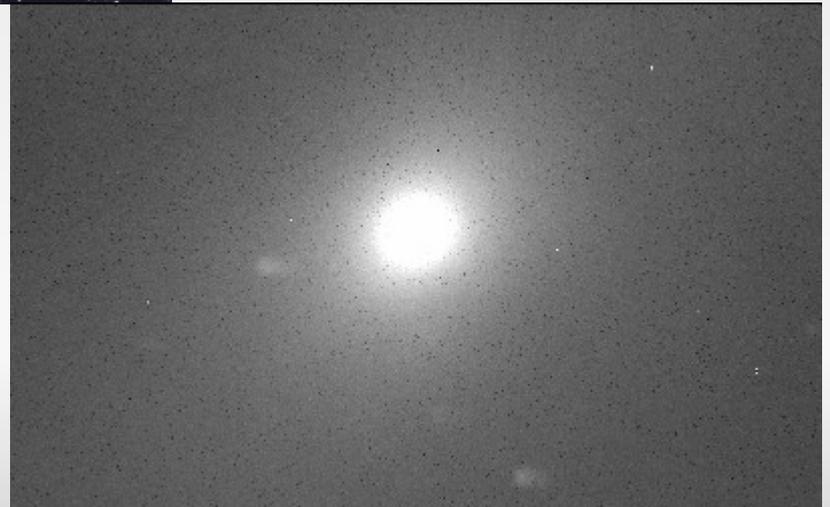
Determina suas distâncias através da relação período luminosidade

Comprova que Andrômeda está fora dos limites da Via Láctea





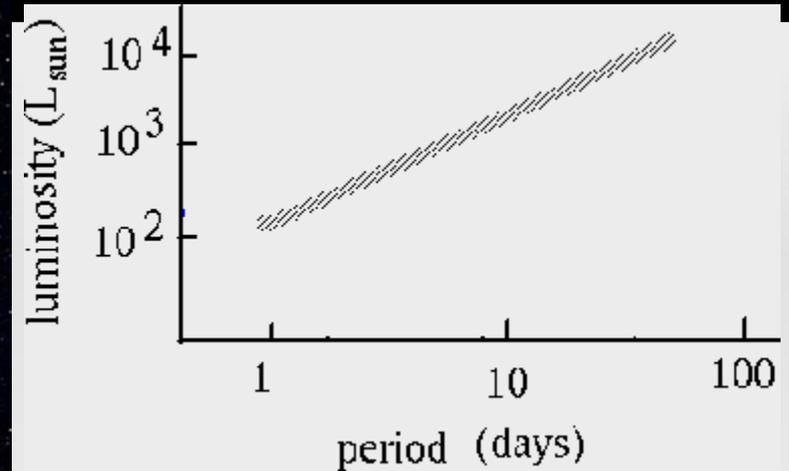
Meade 12 pol.  
Terraço do Daef



# As galáxias são objetos exteriores à Via Láctea



Andrômeda M31



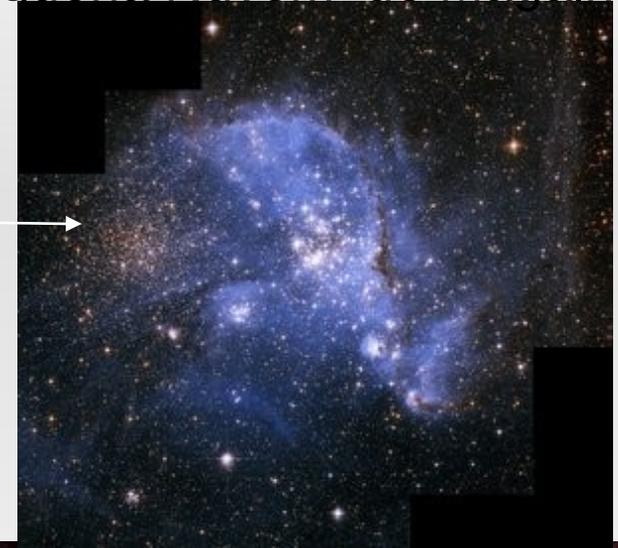
Relação Período-Luminosidade

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

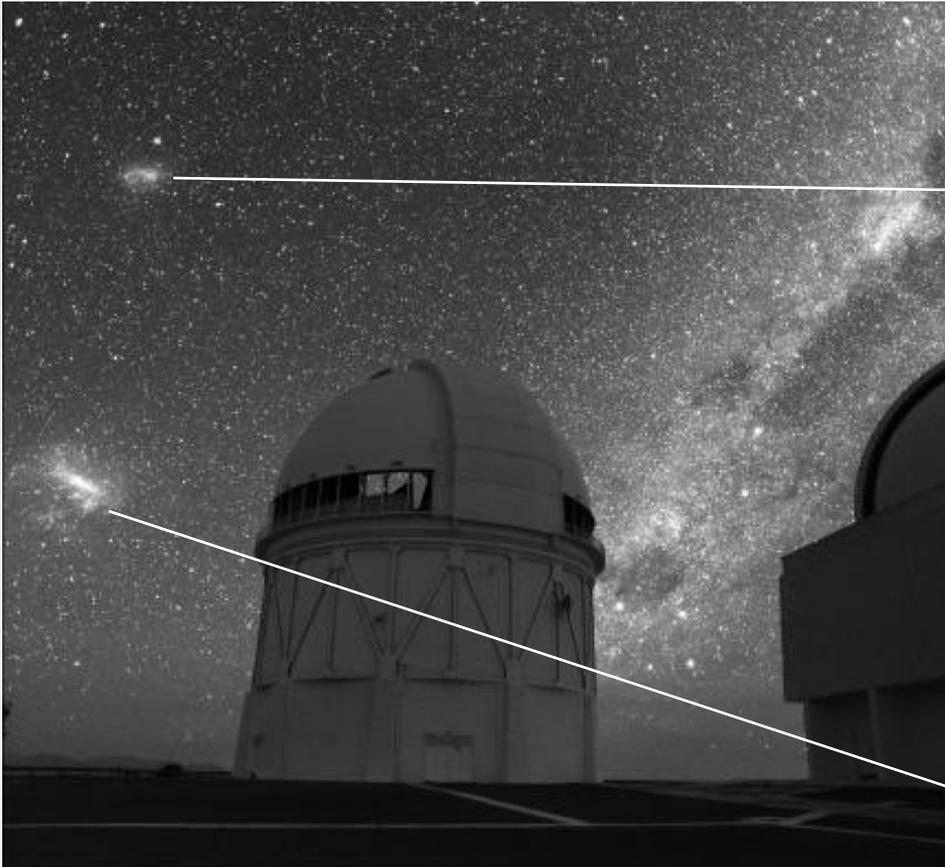
Ao identificar uma variável Cefeida na "**nebulosa**" de Andrômeda (M31). Hubble pode calcular a distância entre esta e a Via Láctea, obtendo um valor de 900 mil anos-luz (atual 2,2 milhões de anos-luz.)

# 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

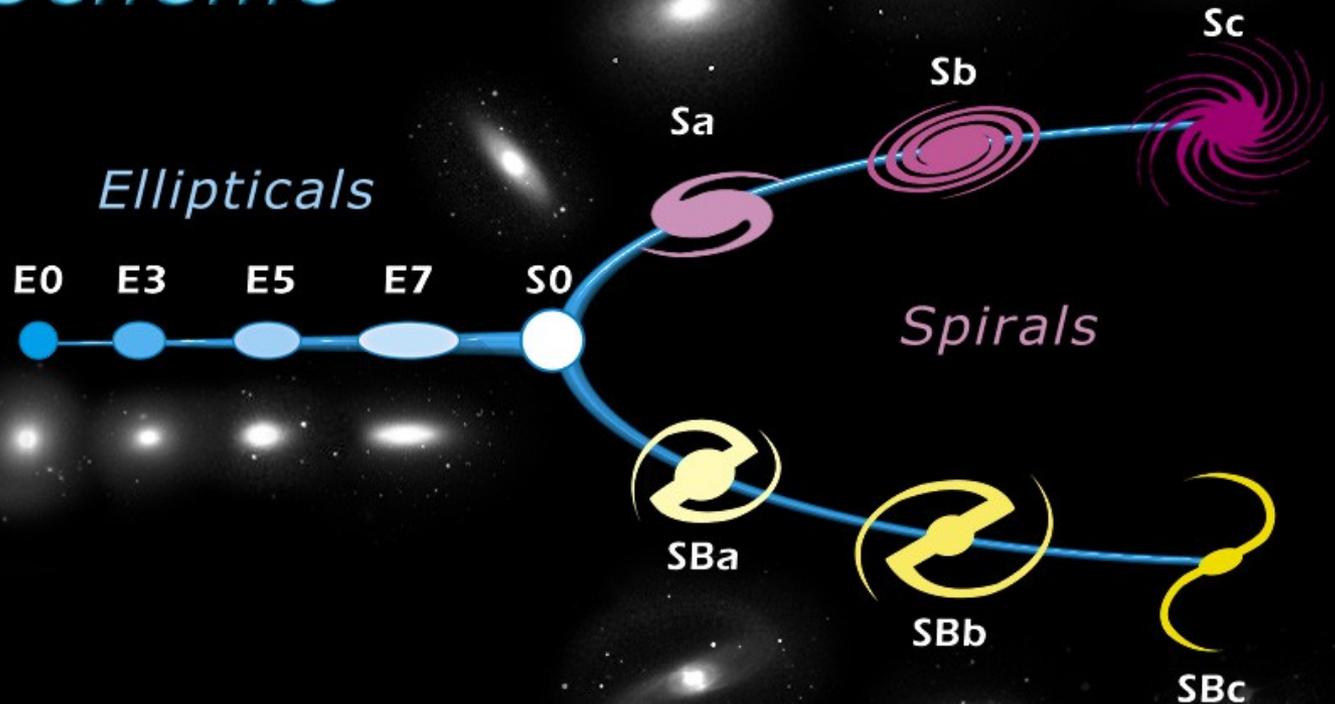
Hubble (1936)

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

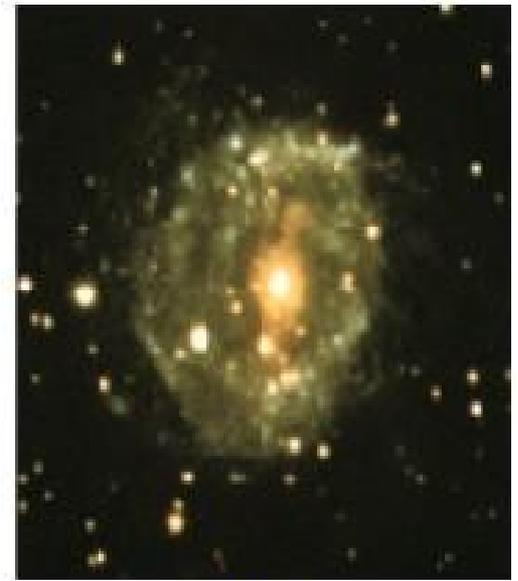
SBa, SBb e SBc



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 ( $n$ )

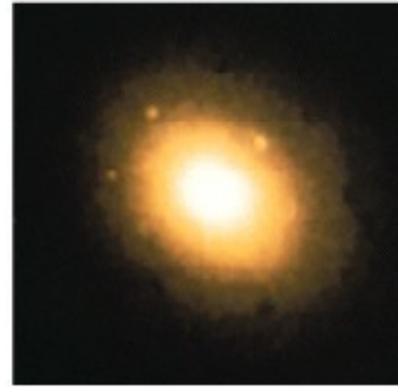
E0 é circular:  $b/a=1$

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

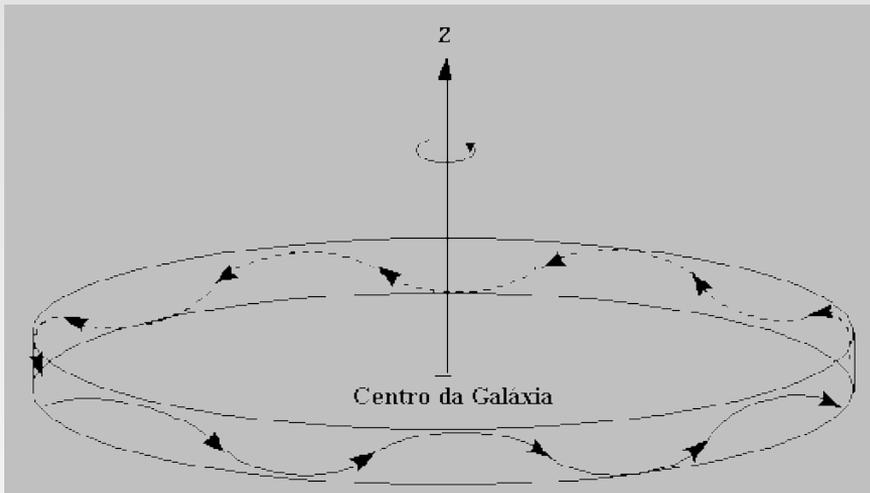
## Principais características dos diferentes tipos de galáxias

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 $2 \times 10^9$
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

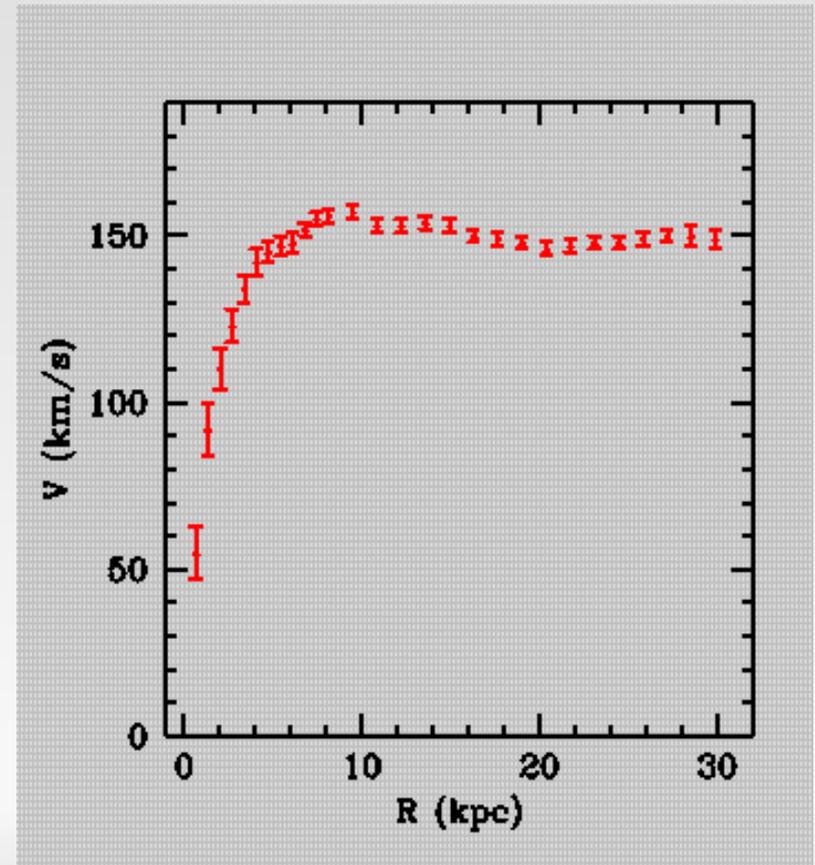
Assume-se que as estrelas e o gás são mantidos em sua órbita pela massa interna à órbita.

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.

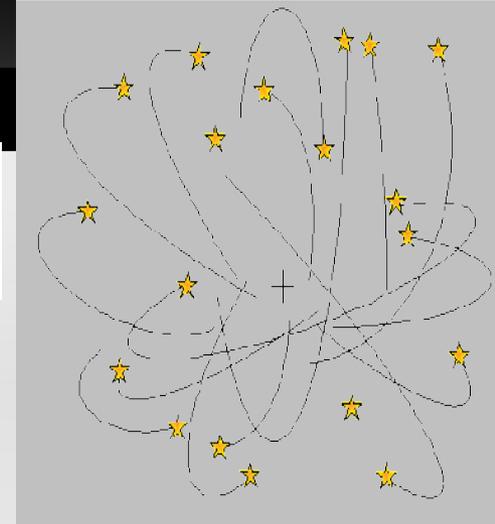
A energia potencial gravitacional é:

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

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:

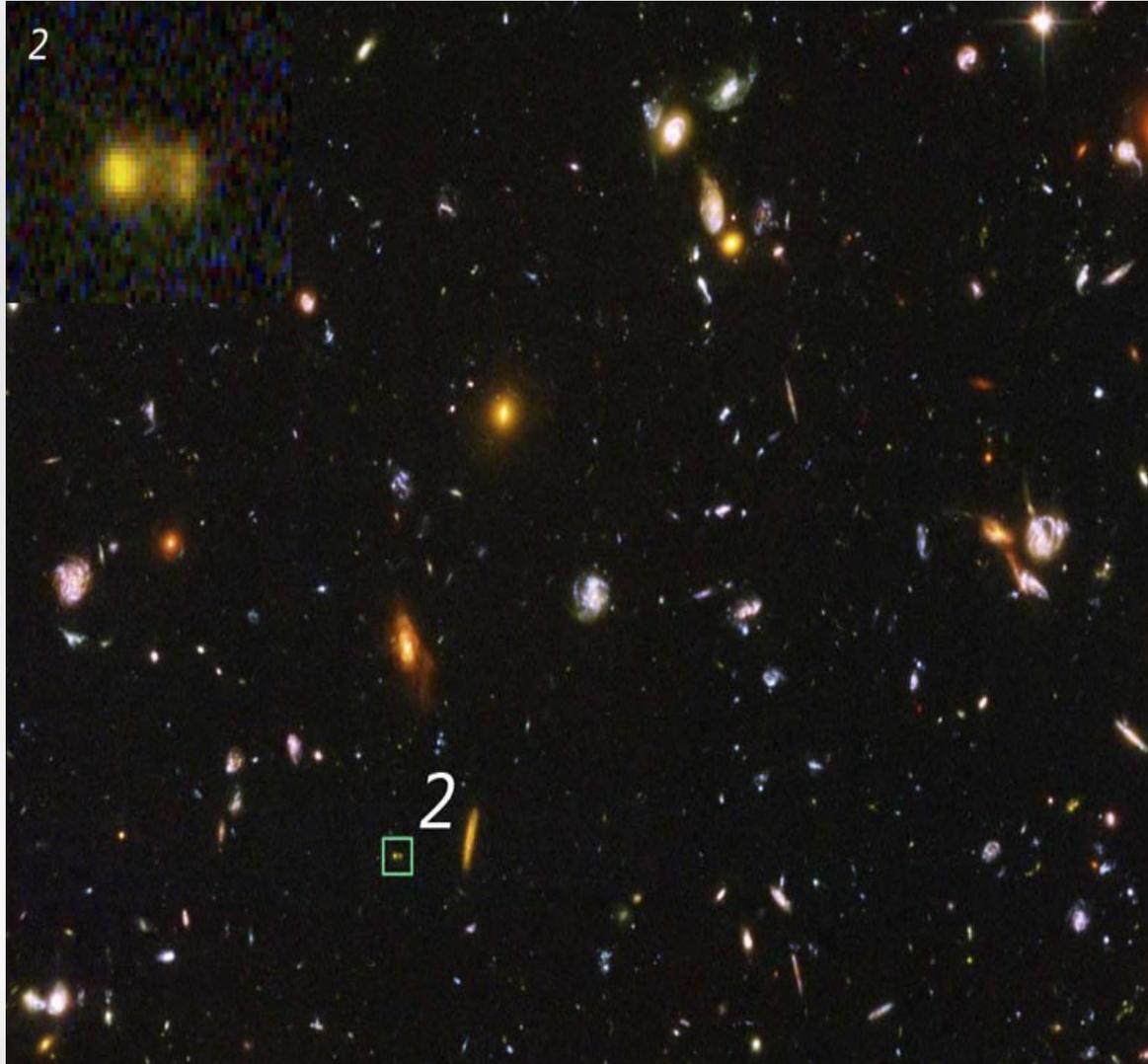
**Galáxias elípticas** se formaram a partir de nuvens densas, com pouca rotação, e alta taxa de formação estelar

**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