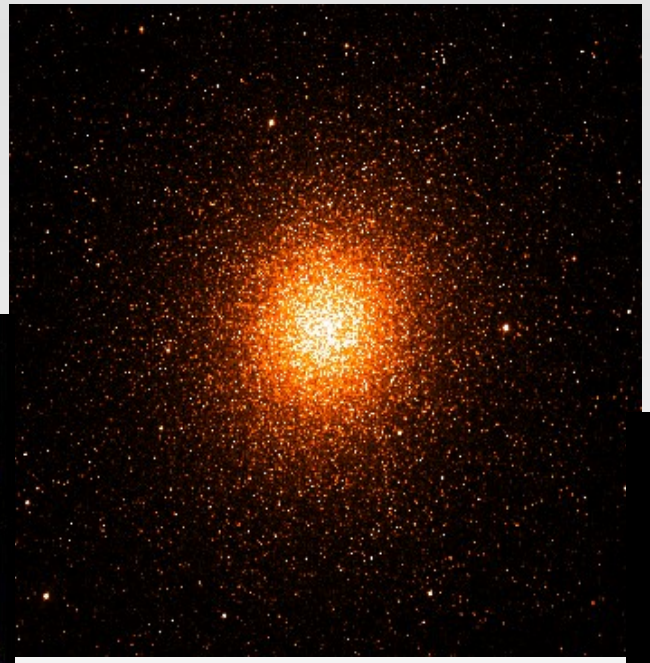
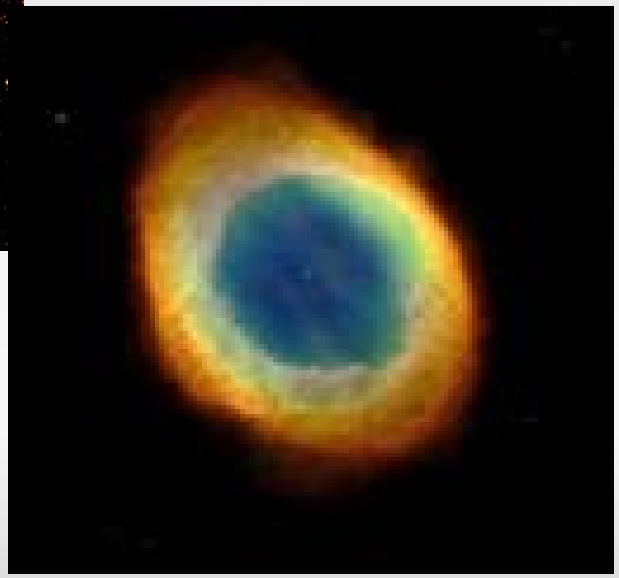
Expansão do Universo e Aglomerados de Galáxias

Rogemar A. Riffel

Descoberta das galáxias

Até 1923 todos os objetos extensos (galáxias, aglomerados estelares, nebulosas planetárias, regiões HII) eram classificadas como nebulosas.

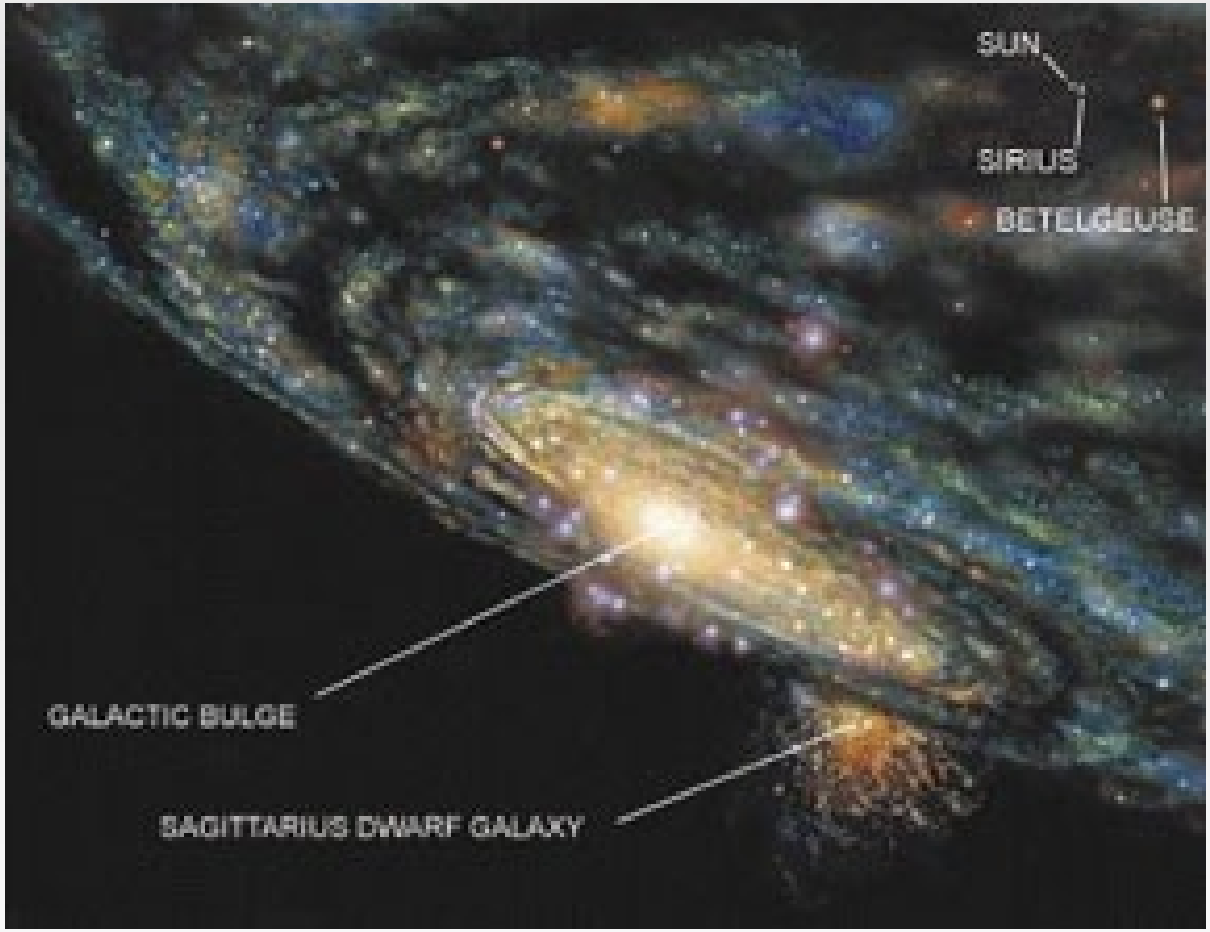




As galáxias são *objetos* externos à Via Láctea

Hubble (1923): Determinou a distância até a nebulosa Andrômeda usando variáveis Cefeidas (2,2 milhões de anos-luz)

Galáxia anã de Sagitário

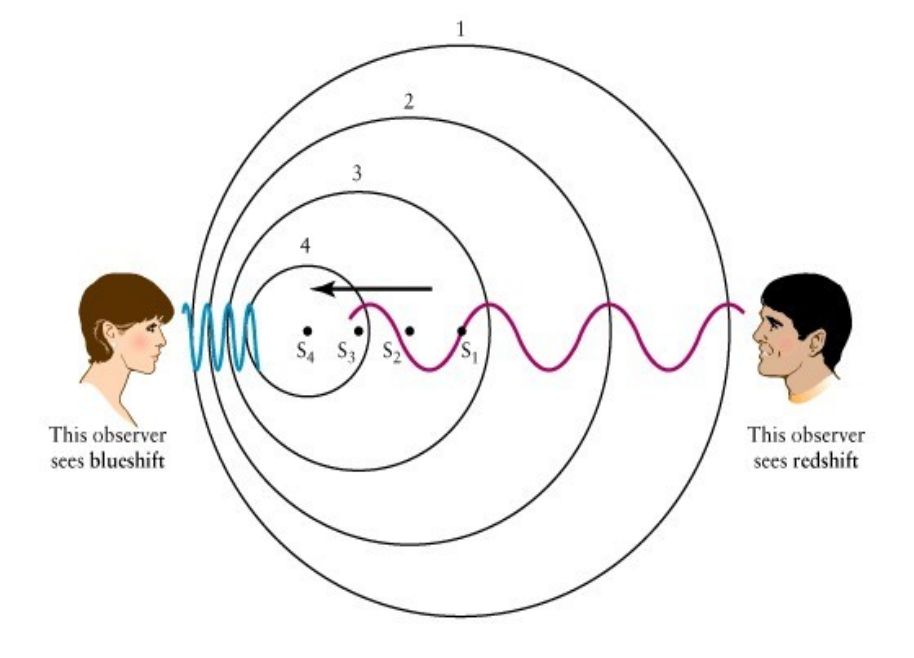


- 70.000 anos-luz de distância da Via Láctea.

- Foi descoberta há uma década

- Favorece o cenário hierárquico de formação de galáxias

Efeito Doppler

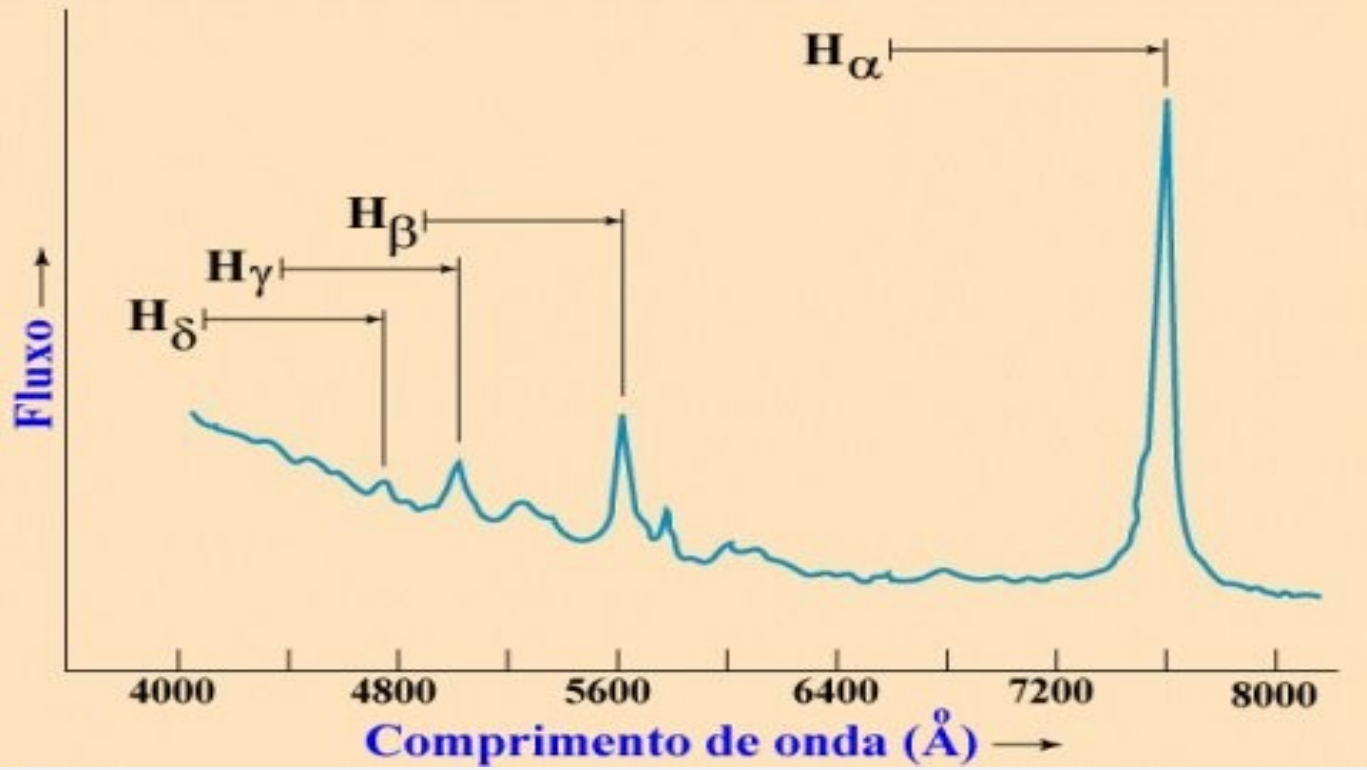


Quando a fonte se aproxima: a luz fica mais azul

Quando se afasta: a luz fica mais vermelha

$$Vr = (\lambda - \lambda o / \lambda o)\ c$$

Efeito Doppler observado no espectro das galáxias



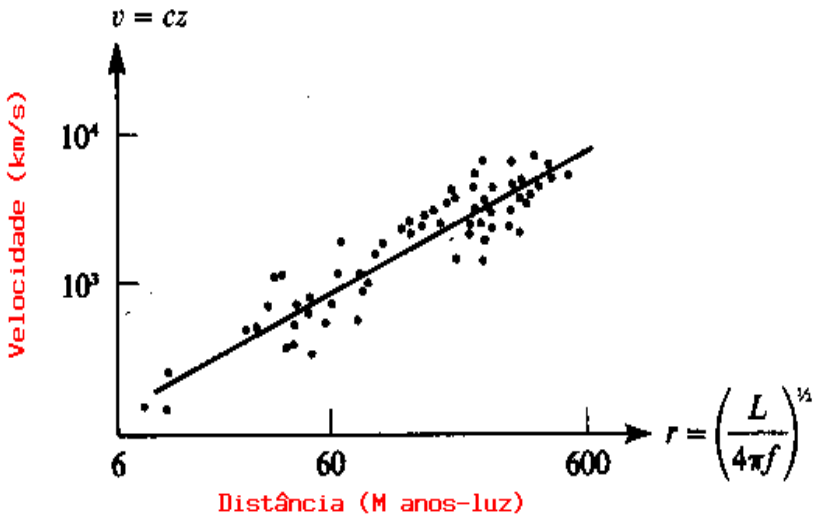
Linhas espectrais das galáxias deslocadas para o vermelho: As galáxias se afastam do observador

$$Vr = (\lambda - \lambda o / \lambda o)\ c$$

LEI de HUBBLE: 1930

Lei de Hubble

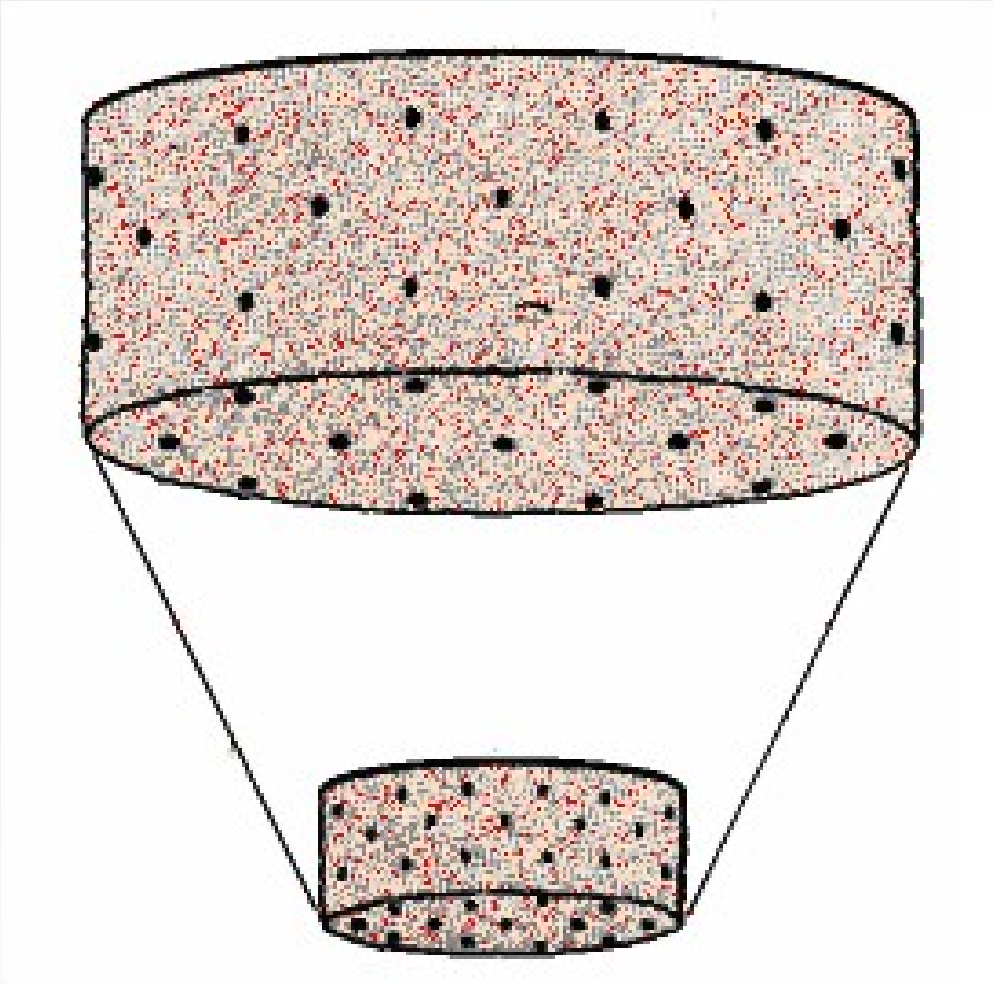
- Clique para adicionar uma estrutura de



$$V_r = H\ d\ (Mpc)$$

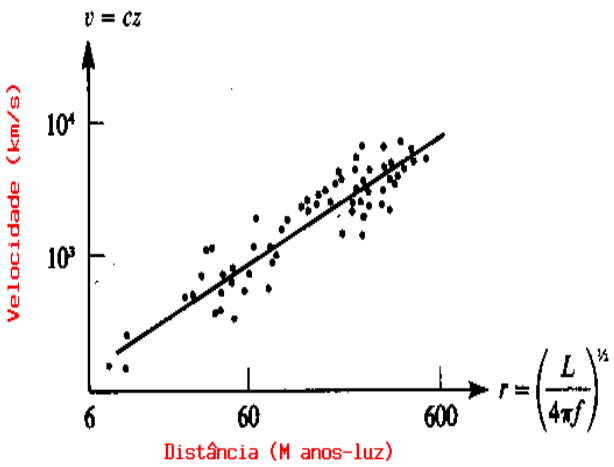
H = 50-100 km/s/Mpc

A lei de Hubble: evidência do Universo em expansão



Bolo de Passas

Lei de Hubble



O Universo em expansão

Sistemas de Galáxias: NGC 6050

Sistemas de Galáxias

- As Galáxias não estão distribuídas uniformemente no espaço;

- As galáxias formam sistemas de todos os tamanhos;

* Pares de galáxias;
* Grupos (3 a 30 galáxias luminosas);
* Aglomerados (30 a mais de 300 galáxias luminosas);
* Super aglomerados.

NASA

Pares de Galáxias

- Pares físicos e pares visuais;
- Interações entre galáxias;
- LMC e SMC passaram pela VL à 500 Myr (d 10-15 kpc)
- Pontes de matéria;
- Canibalismo;
- Fusão;

Galáxias da Antena

Berço de formação estelar;

Sistema em interação;

Grupos de galáxias

3 a 30 galáxias luminosas 1-10 Mpc diâmetro

Grupo Local: cerca de 50 galáxias incluindo a Via Láctea e Andrômeda:

- Se move em direção ao aglomerado de Virgem a 250 km/s

- Tamanho: ~3 Mpc em diâmetro

- 5 galáxias luminosas(M31, VL, M33, LMC e IC10)

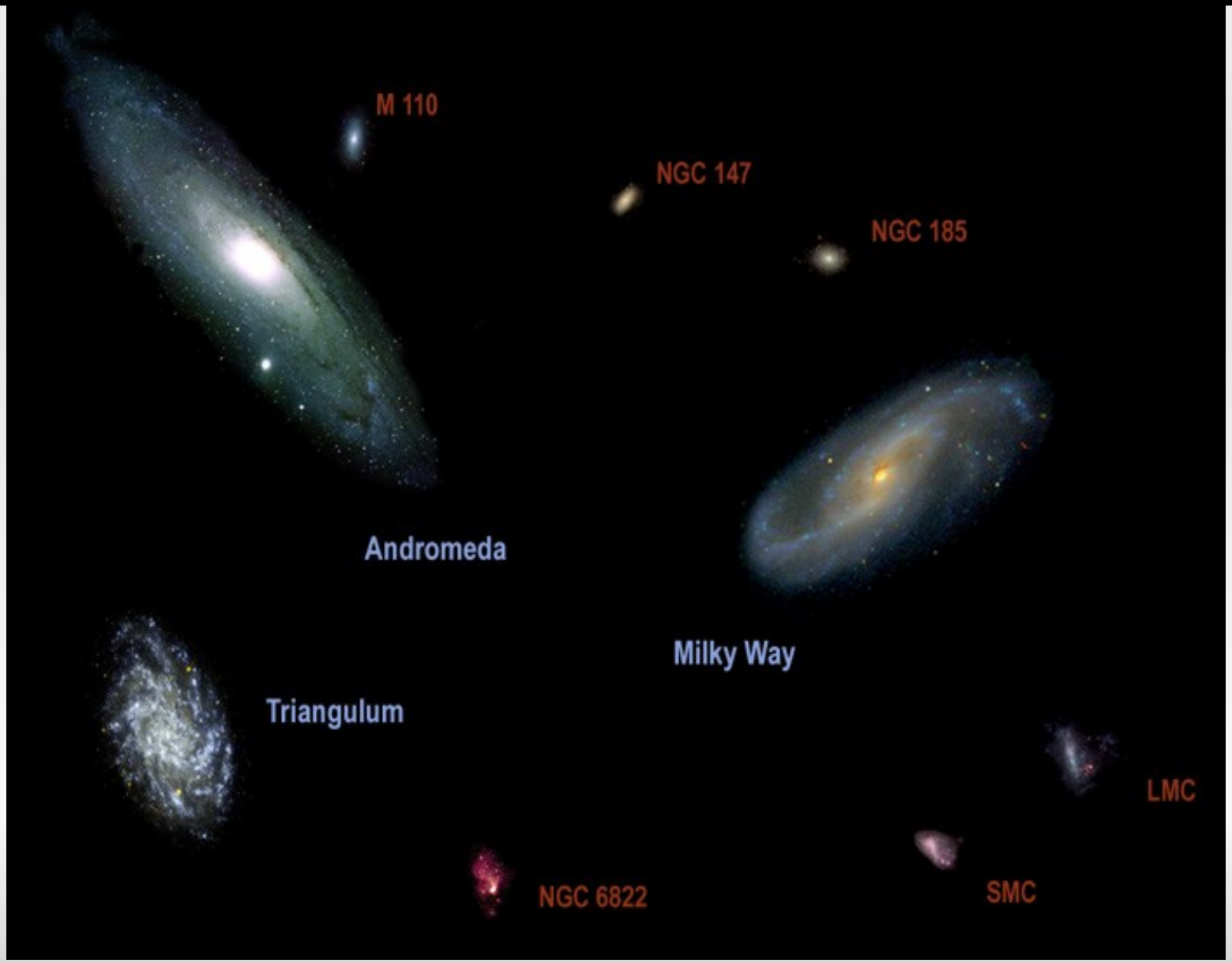
- 3 Espirais (VL, M31, e M33)

- 22 Elípticas (pequenas ou anãs)

- 14 Irregulares de vários tamanhos

- Massa total ~$5x10^{12}$ M_{sol}

Grupo Local


M 110
NGC 147
NGC 185
Andromeda
Milky Way
Triangulum
LMC
NGC 6822
SMC

Grupo Local

GVG/PD/1.0
M33 / Triangulum
Andromeda
NGC185
M32
NGC147
IC1613
NGC205
WLM
1 M
anos-luz
Pegasus
Via Láctea
Draco
Fornax
Ursa Minor
Sculptor
Carina
SMC
LMC
Leo II
NGC6822
Sextans
Leo I
Grupo Local

Outros Grupos

M 96 / Leo I

- Entre 8 e 24 galáxias;
- 3 Galáxias do Catalogo de Messier
- Faz parte do Superaglomerado de Virgo

M 81

- M81 e M82 fazem parte desse grupo;
- Grupo + próximo da Via-Láctea (~3.6Mpc)
- Faz parte do Superaglomerado de Virgo

Aglomerados de galáxias

- 30 a > 300 galáxias luminosas

- 1-10 Mpc diâmetro

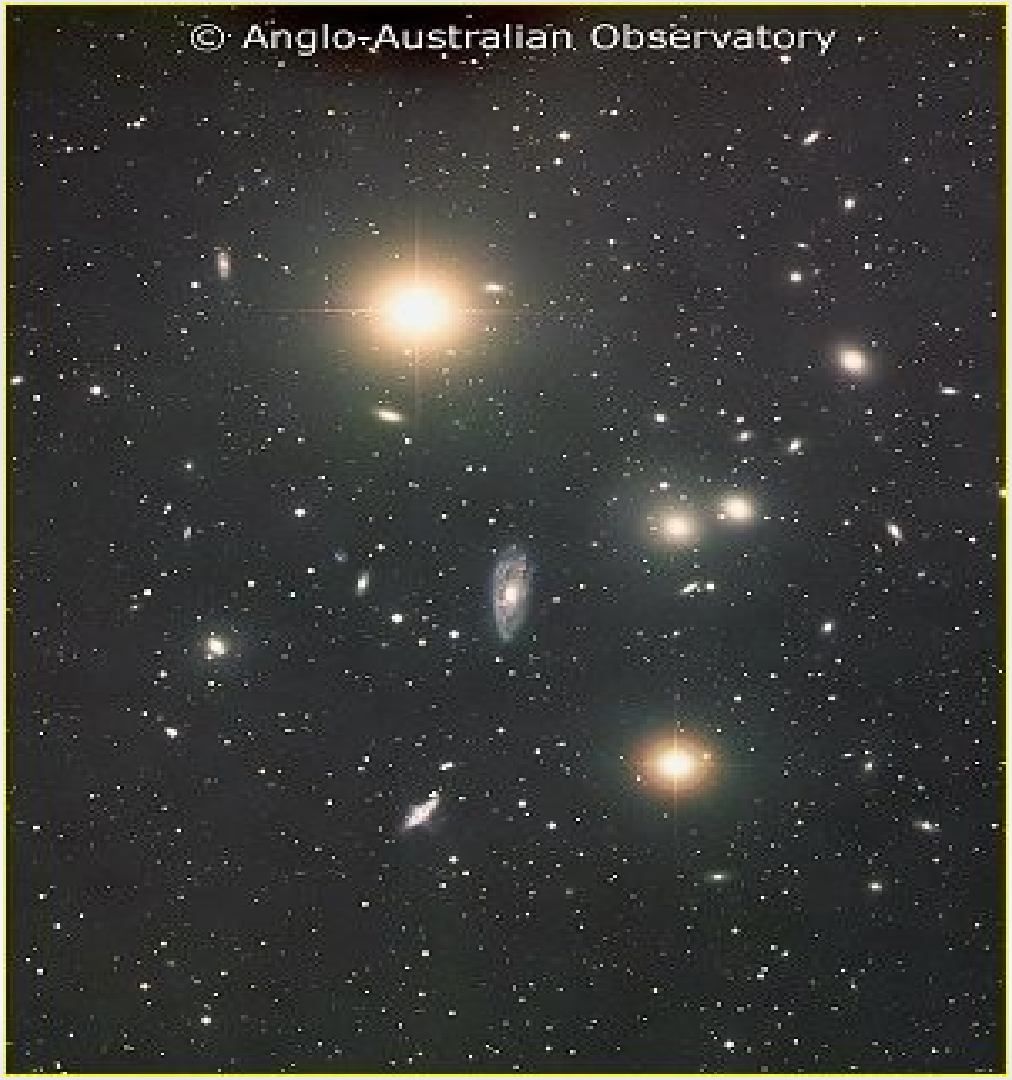
- Geralmente contêm mais anãs de baixa luminosidade do que galáxias massivas

- Massas totais de 10^{12} a $>10^{15}$ Msol

- Separação entre as galáxias: 10 a 50 Mpc

- Aproximadamente 3000 aglomerados catalogados até agora

Aglomerados de galáxias



Aglomerado de Hydra

- Contém 157 galáxias brilhantes;

- 158 Milhões de Anos-Luz da Terra;

Aglomerado de Virgem

- Aglomerado mais próximo ao Grupo Local

- Contém 3 galáxias elípticas gigantes: M87, M86 e M84

- Influencia gravitacionalmente o Grupo Local, que se move em sua direção

- Tamanho angular: mais do que 5 graus no céu

- Distância: ~18 Mpc

- Tamanho real: ~ 3 Mpc

- Contém cerca de 2.500 galáxias

(na maioria galáxias anãs)

- Massa: ~10^{14} Msol

Aglomerado de Coma

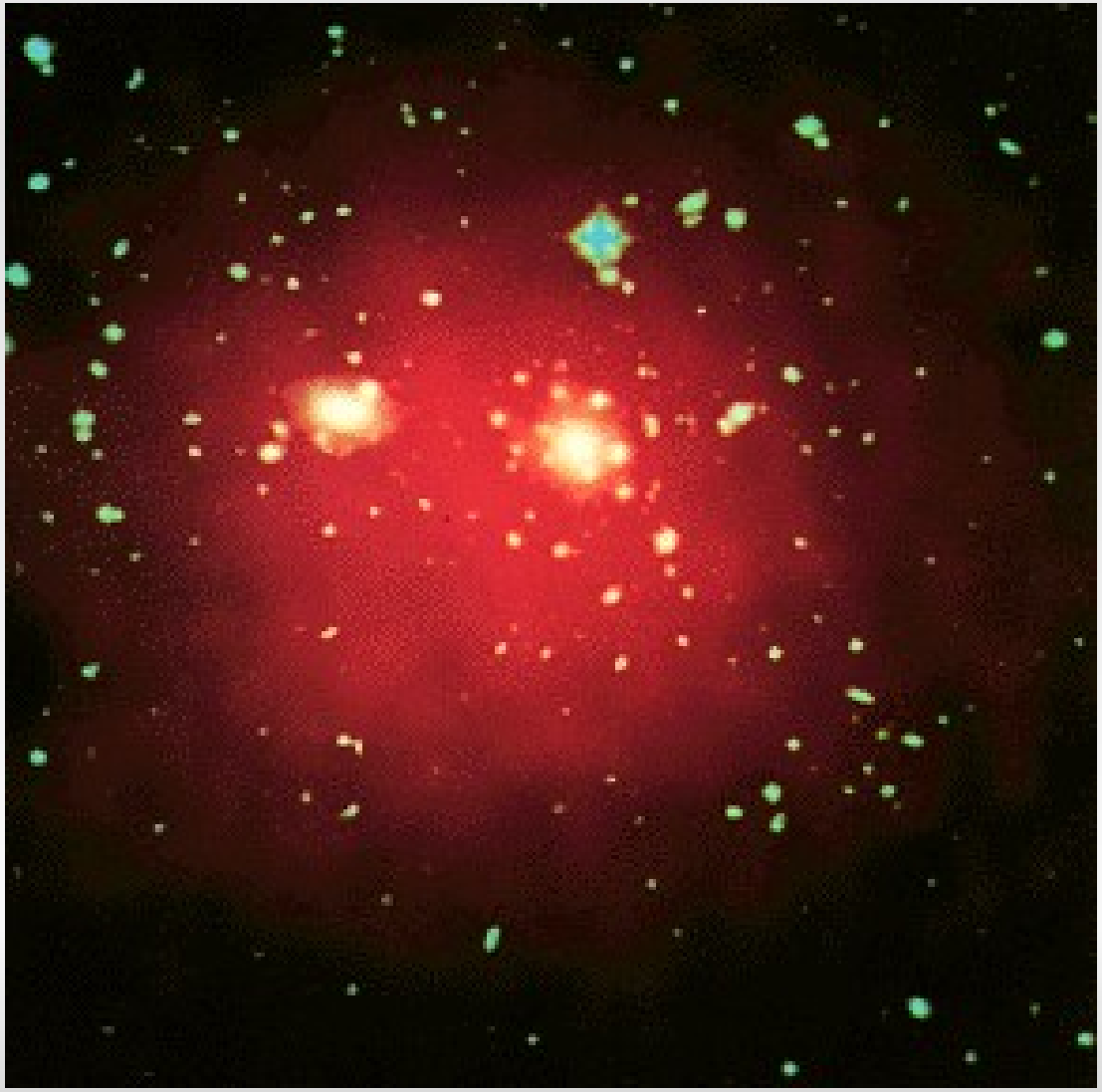
- Suas galáxias mais luminosas são galáxias elípticas gigantes

- Meio intergaláctico contém grande quantidade de gás quente que emite raios-X

- Tamanho: 6 Mpc, cobrindo 2 graus no céu

- Distância: > 100 Mpc

- Contém milhares de galáxias



Superaglomerados

- Aglomerados de galáxias tendem a se aglomerar em superaglomerados

- São as maiores estruturas do universo

Propriedades:

- Tamanhos até 50 Mpc

- Massas de 10^{15} a 10^{16} Msol

- Forma de filamentos

- Contém os vazios

Superaglomerado Local

Centrado no aglomerado de Virgem

Contém, além de outros, o grupo Local e o aglomerado de Virgem

Propriedades:

Tamanho: ~30 Mpc

Massa: ~10^{15} Msol

somente ~5% do volume é ocupado por galáxias, o resto é ocupado por vazios

Estrutura do Universo em grande escala

- Em grande escala, o universo tem a estrutura de uma esponja, feita de filamentos e vazios

Filamentos:

Grandes cadeias de superaglomerados

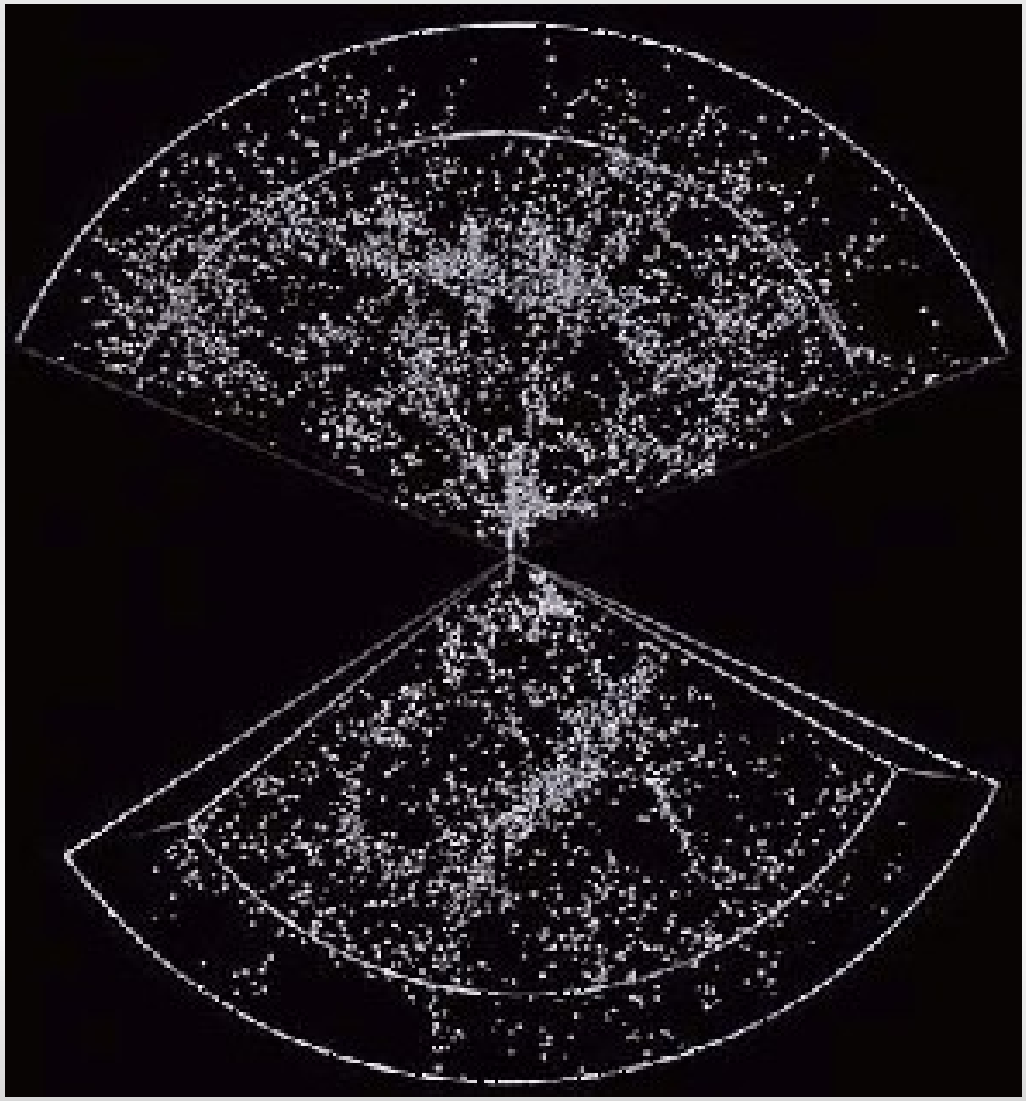
Ocupam 10% do universo

Vazios:

grandes "bolhas" de espaço,

25-50 Mpc em diâmetro, com

muito poucas galáxias



Colisões entre galáxias

As separações entre as galáxias não são muito grandes comparadas com seu tamanho (ao contrário das estrelas!)

Duas galáxias espirais em interação. A menor (que é do tamanho da Via Láctea) está passando pela frente da maior (NGC 2207)

Colisões entre galáxias

Duas galáxias espirais em interação. A menor (que é do tamanho da Via Láctea) está passando pela frente da maior (NGC 2207)

As interações produzem:

deformações como :

caudas de maré

anéis

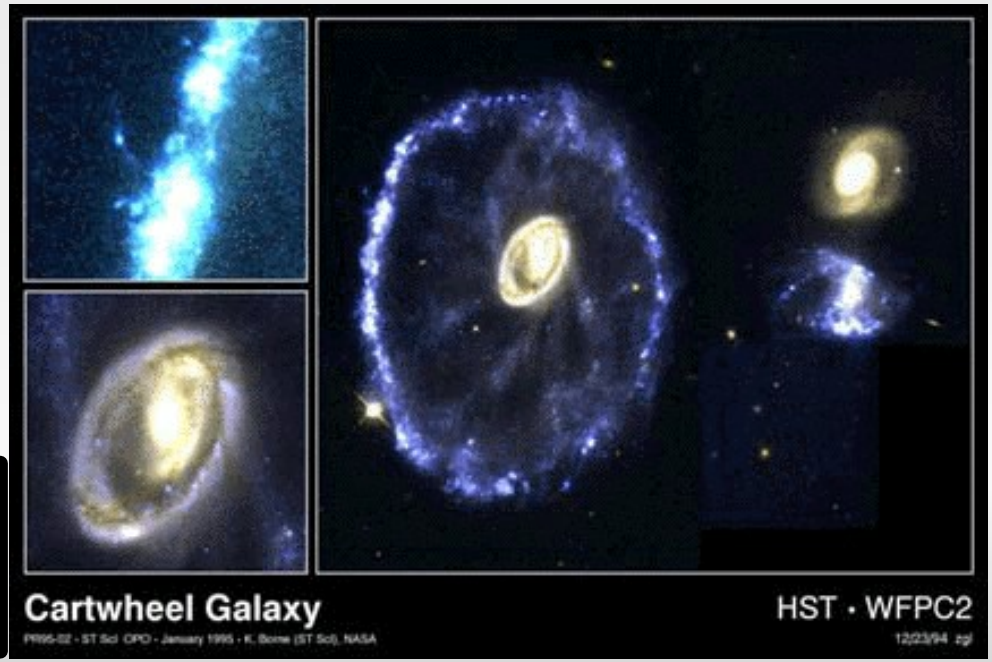
Colisões entre galáxias

Galáxia Girino

fusões e canibalismo :

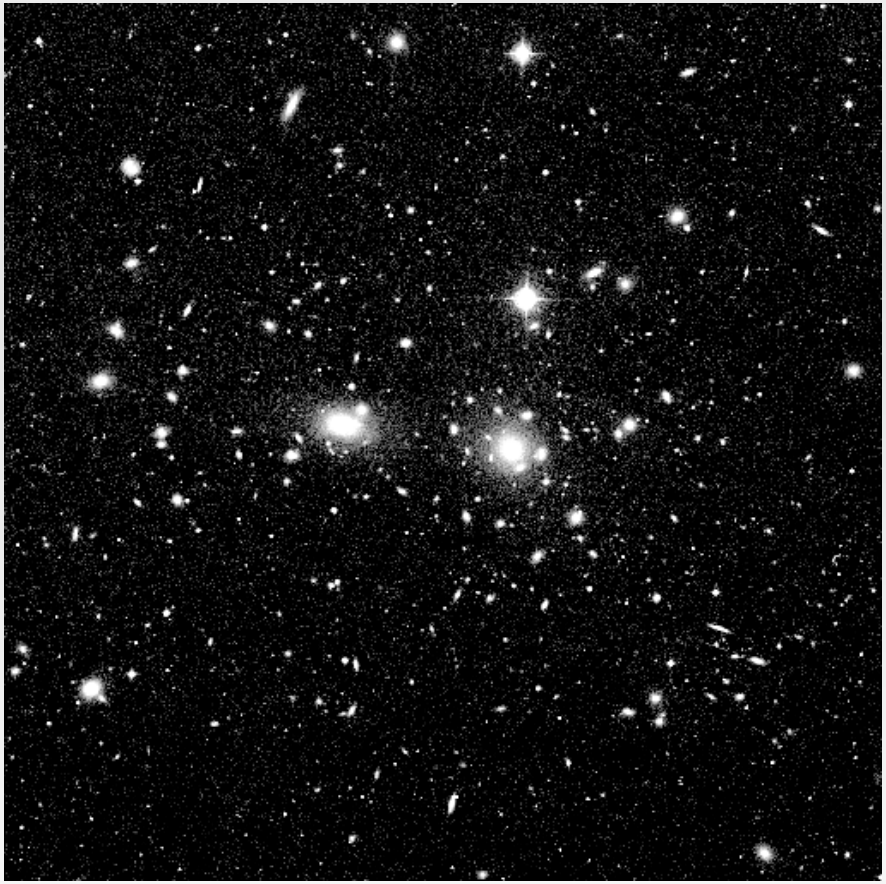
fusões: entre galáxias de tamanhos semelhantes

canibalismo: entre galáxias de tamanhos muito diferentes

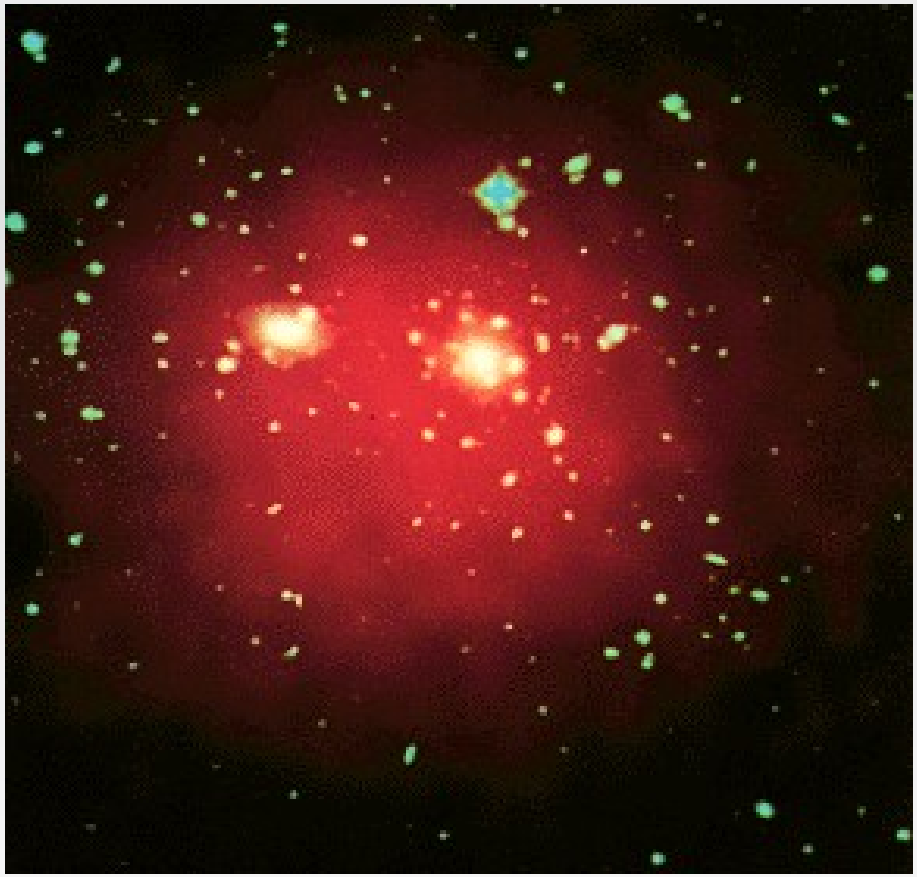


galáxia Roda de Carroça

Emissão de Raio-X



Óptico



Raios-X

Aglomerado de Coma

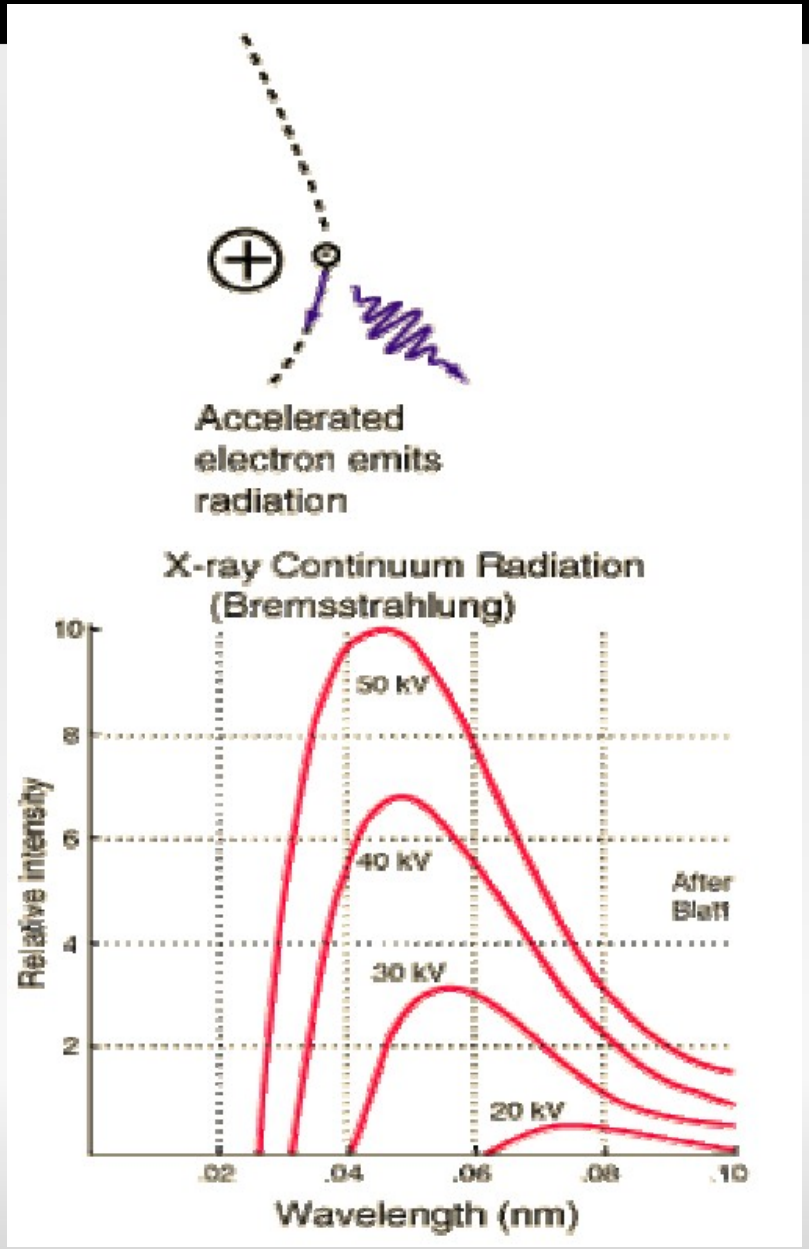
Emissão de Raio-X: Gás Quente

- Radiação Brehmstrahlung: Aceleração de partículas carregadas e de Alta energia por colisões mútuas;

- Nos aglomerados: $T(k) \sim 10^8$ K

- 20 % da matéria (visível) dos aglomerados é de gás quente.

- Observações:
  - Temperatura e Densidade;
  - Massa do aglomerado (matéria escura)



Lentes Gravitacionais

A lente gravitacional é formada devido a uma distorção no espaço-tempo causada pela presença um corpo de grande massa entre um objeto e um observador.

As lentes gravitacionais foram previstas na teoria da relatividade geral antes de serem observadas pelos modernos telescópios.

Lentes Gravitacionais

Lentes Gravitacionais

- Permitem que se determine a massa da Lente (galáxia/Aglomerado) pela distorção causada nos objetos de fundo;

- Novamente há mais massa do que se observa como matéria "visível"