

Aglomerados de galáxias

I O grupo Local

A figura 1 mostra a Galáxia que tem uma extensão de 200000 Anos Luz . O Sol esta localizado no braço de Orion a 26000 Anos Luz de distancia do Centro Galáctico. O Circulo Azul na figura representa o plano galáctico das coordenadas galácticas.

A galáxia mais próxima e a galáxia anã de Sagitário, que esta sendo engolida por nossa Galáxia

-----200000 AL-----

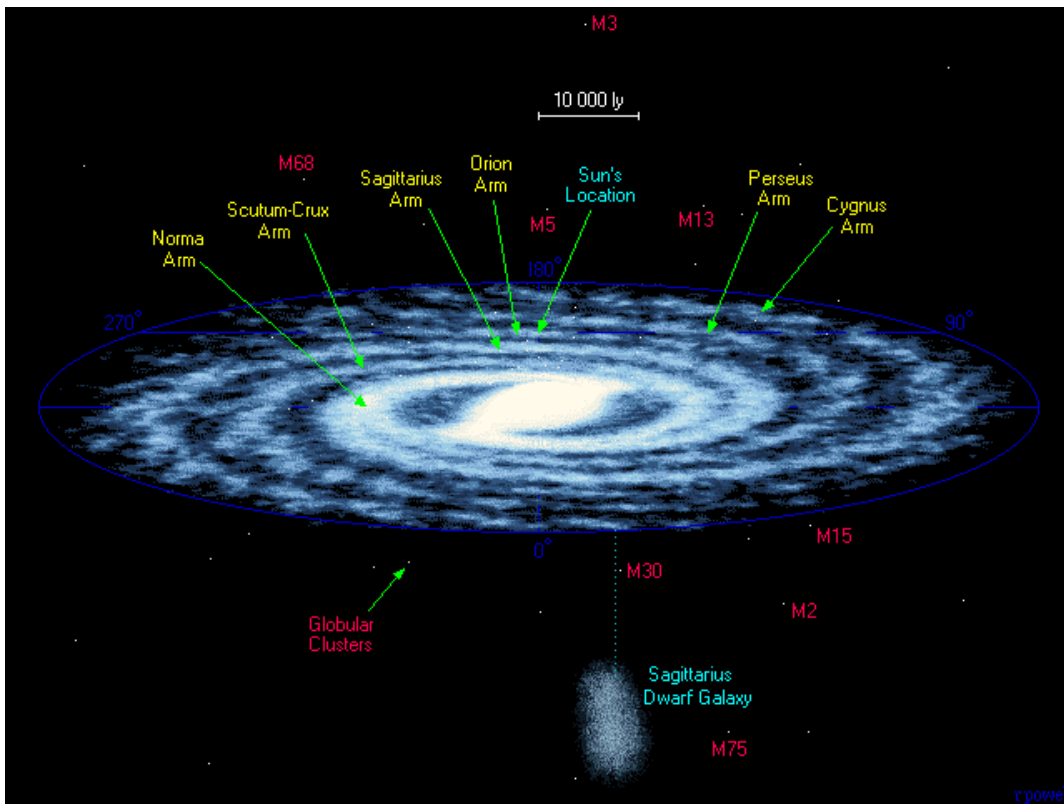


Figura 1

A figura 2 mostra que o universo dentro de um raio de 500000 anos luz contem 1 galáxia luminosa: a Via Lactea, a qual esta rodeada por 9 satélites, ligados gravitacionalmente com a Galáxia.

500000 Anos Luz

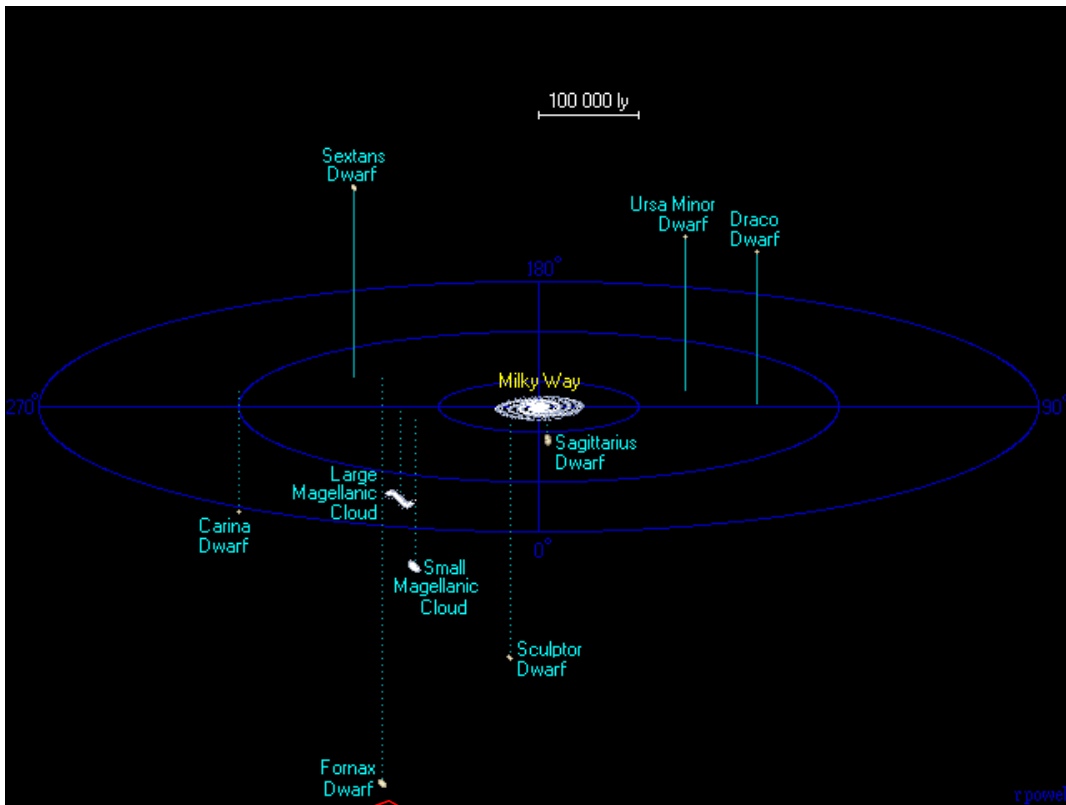
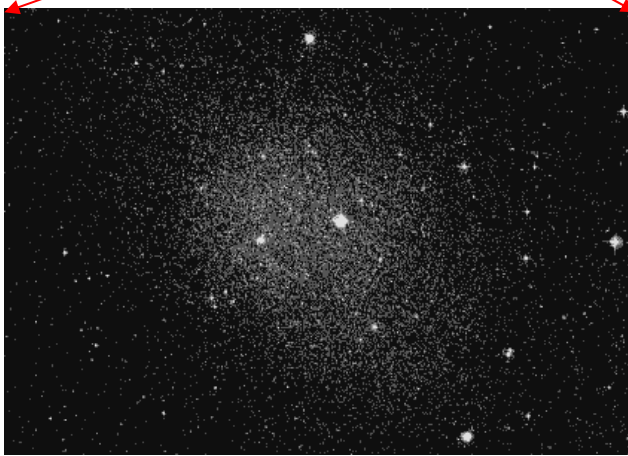


Figura 2



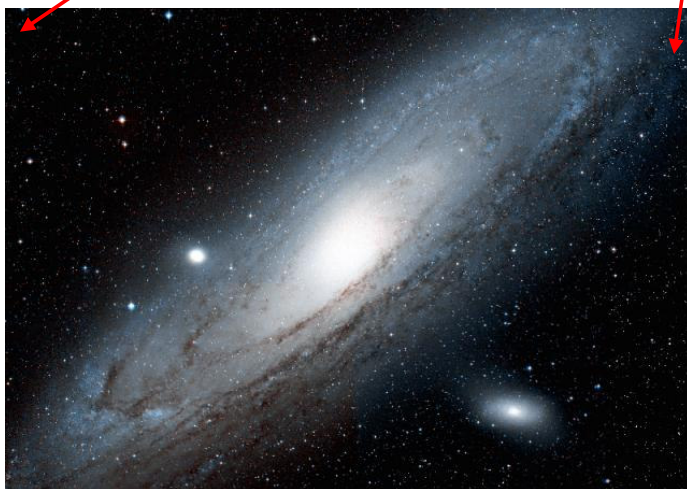
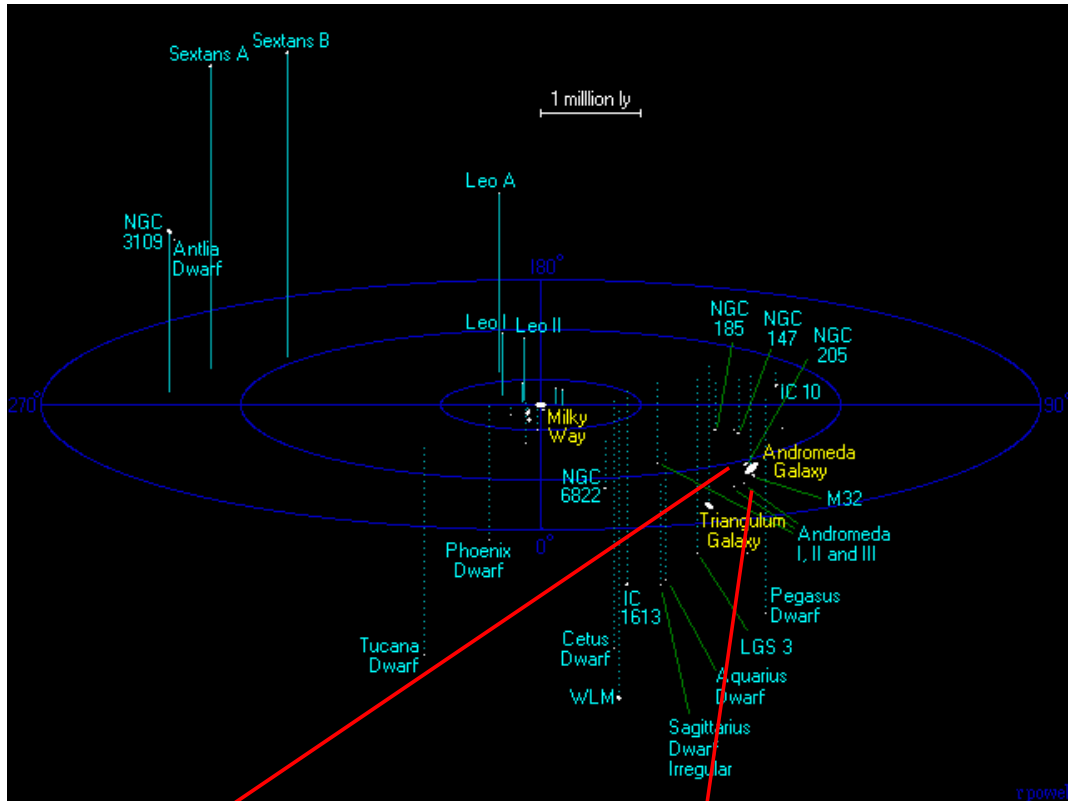
Galáxia anã de Fornax

O grupo Local

Ampliando o raio do Universo para 5.000.000 de Anos Luz, encontramos três galáxias luminosas que são: a Via

Láctea , Andrômeda e a galáxia do triangulo. Estas galáxias junto com seus satélites (numero de satélites 36) formam o Grupo Local

----- 5.000.000 de Anos Luz-----

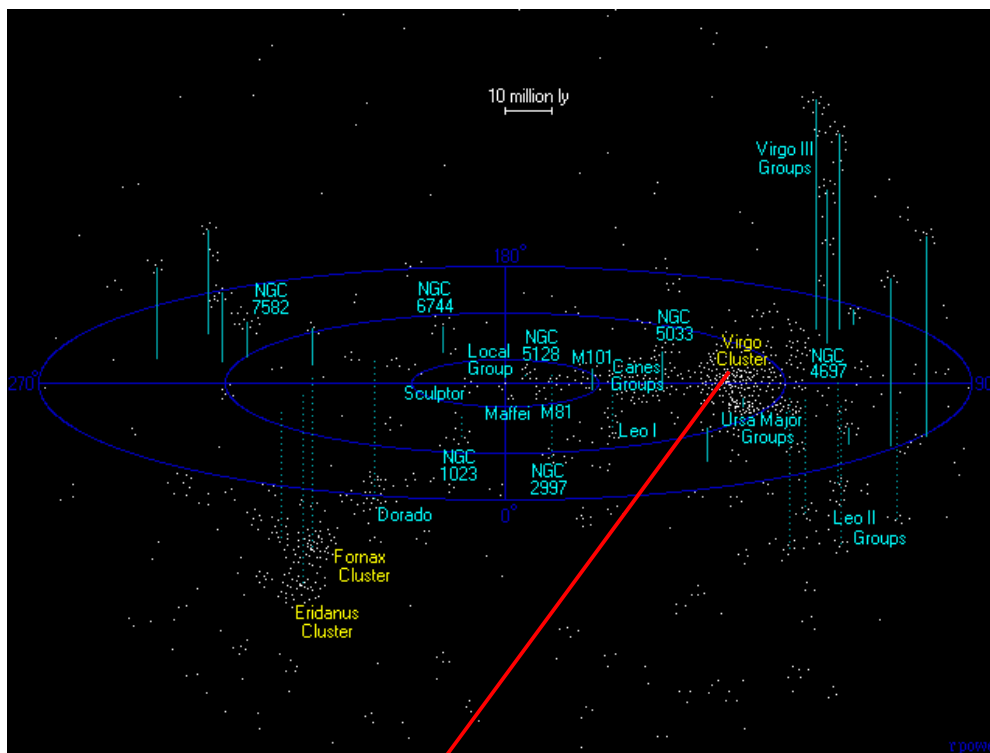


As galáxias satélites de M 31 (Andrômeda) os Satélites são M32 e NGC 205

Aglomerados de galáxias

No Universo de raio de 100 milhões de anos luz, as galáxias se agrupam formando grandes aglomerados como o Cumulo de Virgo e o Cumulo de Fornax. (Numero de grupos de galáxias 160 Numero de grandes galáxias 2500 Numero de galáxias anãs 25000)

-----100000000 Anos Luz -----

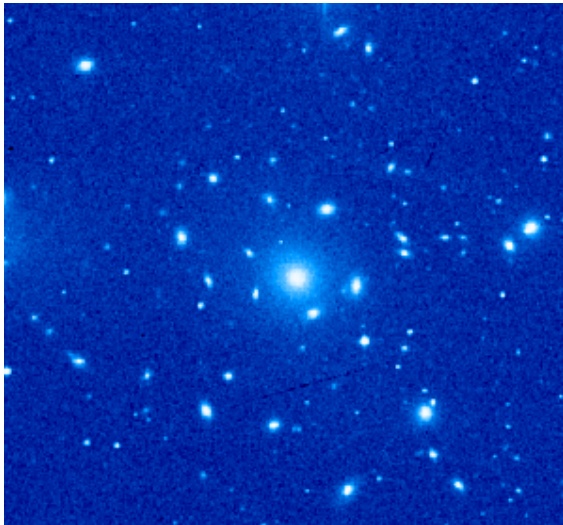


Aglomerado de Virgo. A galáxia gigante M87 no centro do aglomerad

Classificação dos aglomerados :

Os aglomerados são classificados como regulares ou irregulares

Propiedades	regulares	irregulares
Concentração	alta concentração central	baixa
Colisões	numerosas entre galáxias	raras
Tipo de galáxias	as galáxias mais brilhantes E e SO	Irr, S, E
Numero de galáxias	1000 o mais	10 a 1000
Diâmetro	1 – 10 Mpc	1 a 10Mpc
Sub aglomerações	ausente	varias
Dispersão de velocidade	> 1000 km/s	10 a 1000km/s
Massa	10^{15} Msol	10^{12} a 10^{14} Msol
Outras características	no centro Elipticas	
Exemplos	Coma	Virgo

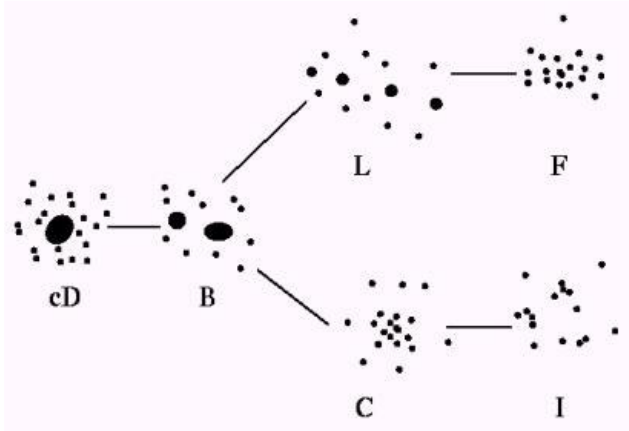


Aglomerado de Coma (regular)

Aglomerado Irregular, Aglomerado de Fornax formado por galáxias espirais e Elípticas e um aglomerado irregular.



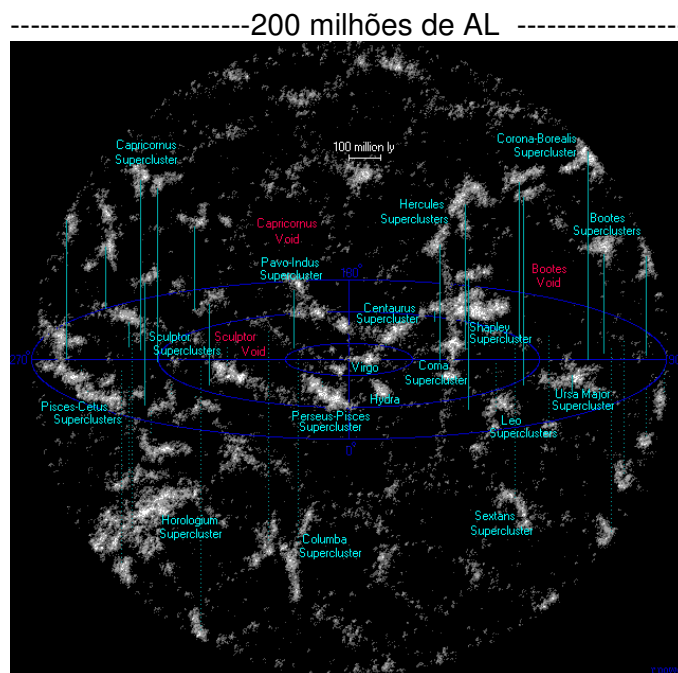
Aglomerado Irregular (Virgo) *O Grupo Local forma parte do Aglomerado de Virgo*



Outras formas de classificação de acordo a concentração do núcleo

Super aglomerados de galáxias

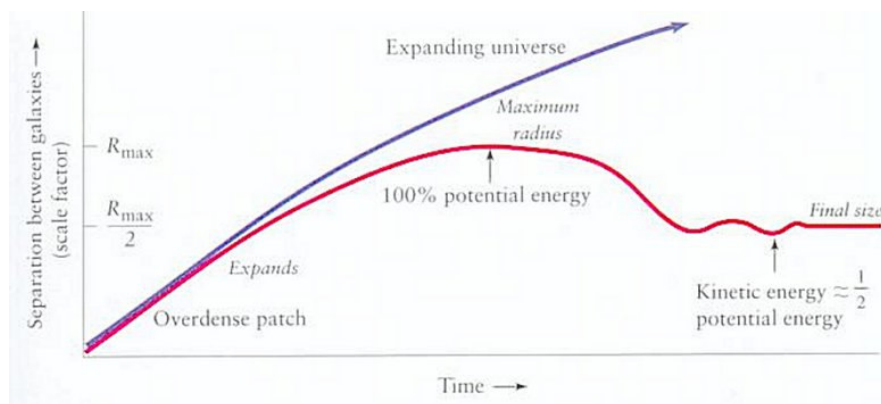
Os aglomerados de galáxias agrupam-se formando gigantescas estruturas em forma de celas, no centro das celas o número de galáxias cai drasticamente. A figura mostra a estrutura do Universo em grande escala para (raio > 200 milhões de Anos Luz).



Formação do Aglomerado

O cenário mais plausível para a formação dos aglomerados é a seguinte:

O grupo de galáxias recentemente formadas (protogaláxias) se afasta uma das outras acompanhando a expansão do Universo iniciado um bilhão de anos atrás com o Big Bang. Este grupo representa uma flutuação de densidade maior que a densidade de seu entorno. A densidade nessa região pode continuar a aumentando e a atração gravitacional entre elas torna-se maior conseguindo contra balançar a expansão do Universo. A região do aglomerado alcança seu Máximo raio quando sua densidade é cinco vezes maior que a densidade média do fundo. A única energia do sistema, no raio Máximo é a energia gravitacional, inicia-se a contração do sistema, aumenta a densidade há perda de energia potencial que é contrarrestada por aumento na energia cinética na forma de movimento randômico das galáxias do aglomerado, A energia cinética continua a crescer até que alcança um valor de $\frac{1}{2}$ da Energia potencial $E_c = \frac{1}{2} E_G$. O sistema entra em equilíbrio.



Aglomerados de Galáxias I : determinação de massa

Existem três métodos independentes para estimar a massa dos aglomerados de galáxias que dão aproximadamente os mesmos resultados:

a) O Teorema do Virial permite converter a componente na direção da linha da visada da velocidade de dispersão das galáxias do aglomerado (σ) em massa por meio do teorema do Virial que iguala a energia cinética do aglomerado com a metade de sua energia potencial

$$2E_c + U = 0$$

$$2 \sigma^2 M(r) + (-G \int M(r) dM/r) = 0$$

$$U = -0.33G M^2 / r$$

$$M(r) \sim 3 \sigma^2 r / G \quad (1)$$

Onde $M(r)$ é a massa dos aglomerados interior ao raio r substituindo $r = D\Theta$

Onde Θ é o diâmetro angular do aglomerado e D a distância

$$M(r) \approx 1.1 \times 10^{14} M_{\text{sol}} \left(\sigma / 10^3 \text{ km seg}^{-1} \right)^2 \left(\Theta / 30'' \right) \left(D / 10^9 \text{ pc} \right) \quad (2)$$

b) Os Aglomerados de galáxias são poderosos emissores de raios X. A temperatura T dos raios X emitidos, podem ser convertidos em estimativa da massa do aglomerado por meio da equação de equilíbrio hidrostático. Esta equação exige que o gás emissor esteja em equilíbrio hidrostático com um potencial gravitacional simetricamente esférico.

$$dP/dr = -G m(r) / r^2 \rho(r)$$

$$dT/r = -G k m(r) / r^2 \rho(r)$$

Assumindo que o gás emissor é perfeito e que a distribuição

O equilíbrio hidrostático requer que

$$M(r) = -k T r / \mu m_p G [(d \ln \rho / d \ln r) + (d \ln T / d \ln r)]$$

(3)

Onde M_p é a massa do próton; μ é peso molecular médio do gás que emite raios X, e ρ é a densidade do gás. Assumindo temperatura T constante no aglomerado, seu gradiente é zero. Por outra parte o valor típico do gradiente de densidade observado nos aglomerados de galáxias é ~ -2

Utilizando unidades convenientes a massa do aglomerado interior a r fica:

$$M(r) \approx 0.7 \times 10^{14} M_{\text{sol}} (T/10^8 \text{K}) (\Theta / 30'') (D / 10^9 \text{pc})$$

(4)

As equações 2 e 4 são similares porque fisicamente são equivalentes ambas medem a energia potencial do aglomerado seja pela energia cinética das galáxias $\sim \sigma^2$ ou energia térmica $\sim kT$ das partículas.

As equações 2 e 4 podem ser questionadas porque:

a primeira assume que o aglomerado de galáxias esta em equilíbrio.

Este pode não ser certo quando consideramos as escalas de distancia nos aglomerados . O diâmetro típico de uma aglomerado de galáxias é de

$d \sim 3 \text{ Mpc} \sim 10^{25} \text{ cm}$ a velocidade típica de uma galáxia no aglomerado é

$$\sigma \sim 10^3 \text{ km s}^{-1} \sim 10^{18} \text{ cm s}^{-1}$$

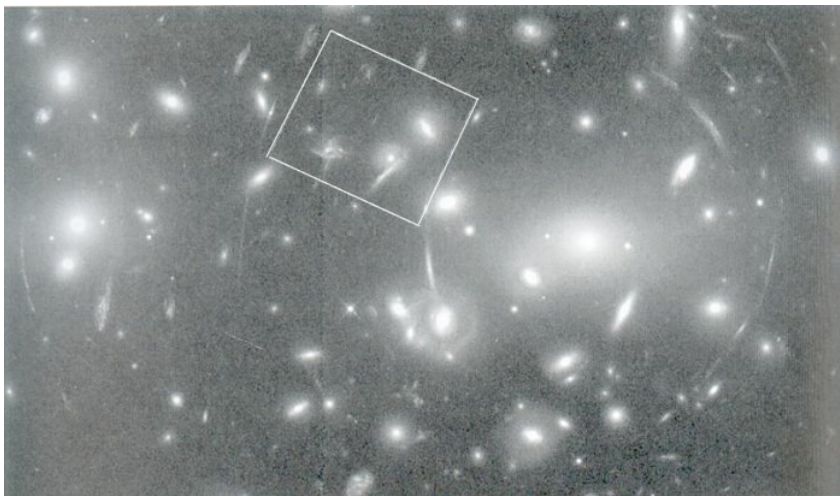
O tempo que leva uma galáxia para atravessar o aglomerado é de $\sim 10^{17}$

$\text{s} \sim 3 \times 10^9$ anos que da ordem da idade do aglomerado . Como pode entrar em equilíbrio um sistema em um tempo apenas superior ao tempo que leva uma galáxia em cruzar o sistema?

A segunda porque assume que o aglomerado e simétrico o que geralmente não acontece na realidade. Os aglomerados são assimétricos e apresentam aglomerações .

Lentes Gravitacionais

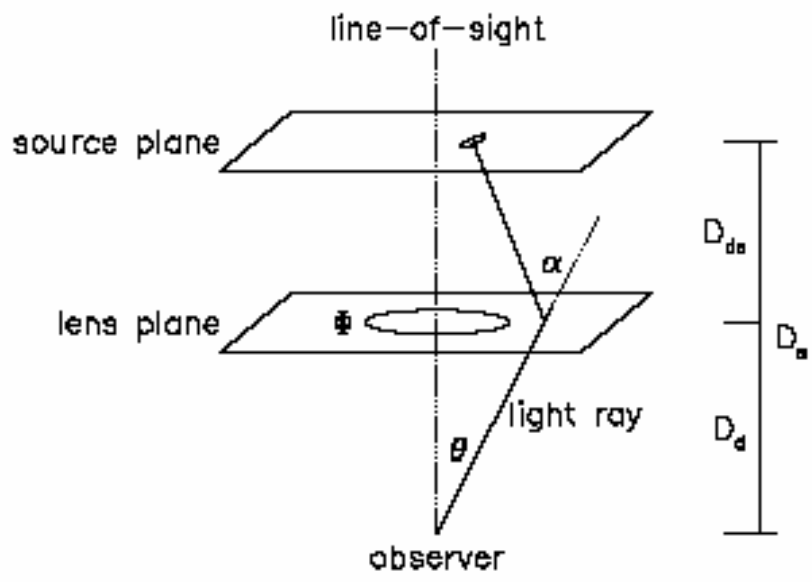
Quando a luz de uma galáxia distante passa através de um aglomerado este atua como uma lente gravitacional, produzindo uma difração da luz das galáxias . Os arcos são galáxias distantes atrás do aglomerado em relação ao observador, este efeito permite determinar com muita precisão a massa do aglomerado de galáxias e propriedades da galáxia distante

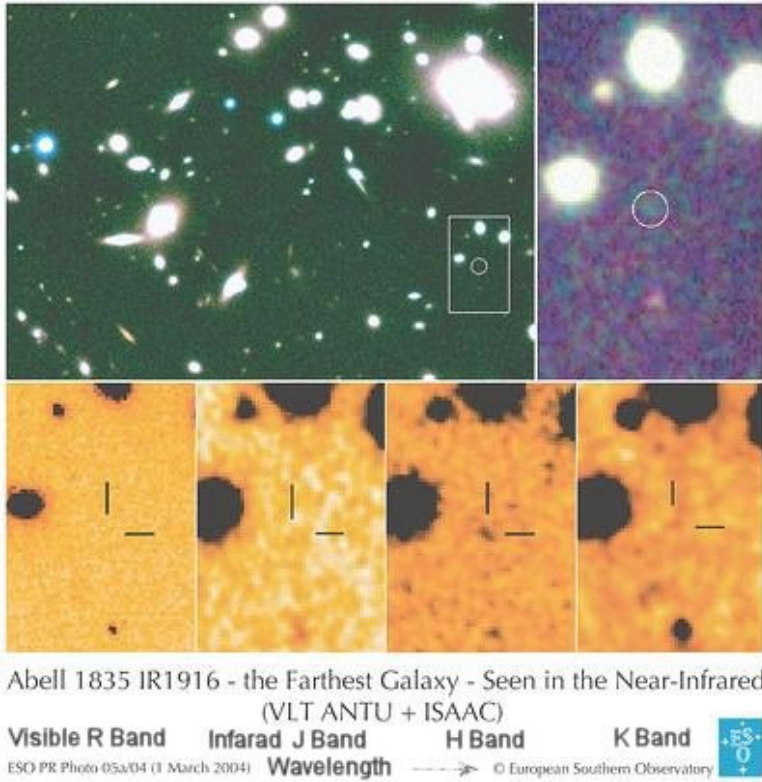


A lente gravitacional do aglomerado Abell 2218 revela uma galáxia de redshift $Z=6.6 - 7.1$ idade 13×10^9 anos , após 5000 milhões de anos após o big bang quando o Universo tinha 5% de sua idade .

As lentes gravitacionais é outro método que permite determinar a massa do aglomerado. Gigantescos arcos como o da figura são observados no centro dos aglomerados de galáxias. Estes arcos são imagens distorcidas de galáxias de campo, que se encontram atrás do aglomerado em relação ao observador, como indica a figura . O eixo óptico conecta o observador ao centro . A lente é caracterizada pelo potencial gravitacional Newtoniano Φ do aglomerado. O ângulo α mede o desvio da luz da galáxia pelo potencial gravitacional do aglomerado.

$$M(r) \sim 1.1 \times 10^{14} M_{\text{sol}} \left(\frac{\theta}{30''} \right)^2 \left(\frac{D}{10^9 \text{ pc}} \right)$$





Matéria escura

Um estudo sobre a distribuição de matéria escura no aglomerado CL0025 +1654 mostra a matéria escura em azul e as galáxias em amarelo a matéria escura segue a distribuição das galáxias

