

Lista de Exercícios - Aula 19

AGA0215 - Fundamentos de Astronomia

Docentes: Augusto Daminieli e Eduardo Cypriano

Monitora: Lia Doubrawa

1. De acordo com as observações em raios-X, o meio intra-aglomerado de galáxias é:

c) Muito quente.

2. Em relação à matéria estelar luminosa, a fração de matéria escura em aglomerados é:

(a) Maior.

3. Suponha que a imagem de um quasar seja duplicada devido ao efeito de lentes gravitacionais causado por um aglomerado de galáxias massivo. É possível afirmar que o quasar, na realidade:

(a) é mais distante do que aparenta.

4. Cite pelo menos três diferenças entre grupos e aglomerados de galáxias.

Grupos: Poucas a dezenas de galáxias; massas da ordem de $< 10^{14} M_{\odot}$; Aglomerados: varias dezenas a centenas de galáxias; massas da ordem de $> 10^{14} M_{\odot}$; apresentam - em sua maioria - populações antigas (esferoidais) de galáxias no seu centro.

5. Qual é a evidência de que uma grande fração da matéria do universo é invisível?

As medidas de massa calculadas apenas pela matéria luminosa eram subestimadas. Por exemplo, quando medidas as de velocidade de galáxias do aglomerado de Coma,

observou-se dispersões da ordem de 1500 e 2000 km/s, velocidades muito maiores do que as esperadas pela presença apenas da matéria luminosa.

Medidas de massa utilizando a técnica de lentes gravitacionais de diversos aglomerados mostraram que a massa total superava por um fator de centenas a massa que emite luz visível.

6. Como é possível mapear as posições de um grande número de galáxias em 3 dimensões no Universo?

Observações da densidade projetada de galáxias permitem ter uma ideia da distribuição de estruturas do Universo. Entretanto para uma visão 3D, é necessário obter também a distância dos objetos.

O método das cefeidas, por exemplo, permite estimar distâncias a partir de paralaxes. Apesar do aumento da capacidade dos telescópios, e a possibilidade de observar objetos ainda mais distantes, não é possível utilizar para mapear o Universo como um todo devido ao custo e complexidade.

Uma forma mais rápida, que depende apenas da determinação do redshift, é a partir da Lei de Hubble-Lemaître, $d = cz/H_0$. Para isso utilizam-se medidas de espectros, com o menor ruído possível.

7. O espectro de uma galáxia exibe a linha de $H\alpha$ (linha mais forte da série de Balmer do Hidrogênio) com comprimento de onda de 7220\AA . Qual é a velocidade dessa galáxia? Qual é a sua distância? (Dados: $\lambda_0^{H\alpha} = 6563\text{\AA}$ e $H_0 = 72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.)

Para calcular a velocidade, utilizando a equação $v = cz$, precisamos calcular o redshift dessa galáxia. Isso pode ser feito pela diferença entre o comprimento de onda observado e o esperado,

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = 0.1$$

Assim,

$$v = cz \rightarrow v = 29979.3 \text{ km/s}$$

A distância pode ser calculada pela relação,

$$v = H_0 d \rightarrow d = \frac{v}{H_0} = 416.4 \text{ Mpc}$$

8. Explique o processo de fusão que está ocorrendo no aglomerado da bala. Os resultados do estudo “A direct empirical proof of the existence of dark matter” sobre este aglomerado contrariam qual hipótese criada para explicar a curva de rotação de galáxias?

O Aglomerado-Bala ficou muito famoso por sua dissociação entre o gás intra-aglomerado e a matéria escura. A colisão com uma estrutura mais densa em gás levou a formação do formato de bala. Devido a pressão de arraste, o gás ao passar pela outra estrutura acaba ficando para trás, enquanto a matéria escura, que interage apenas gravitacionalmente, continua o movimento juntamente com as galáxias (não-colisional).

Medidas indicavam que a distribuição de massa se concentrava na posição das galáxias e não do seu gás, contrariando o que se esperava. Se não houvesse matéria escura, isso seria problemático, uma vez a massa de gás deve superar as galáxias em um fator de 3-10 dependendo do caso. Esse fato reforçou a ideia da presença de uma componente escura, não-colisional, massiva.

Partindo do teorema do Virial $\langle K \rangle = -1/2\langle V \rangle$, deduza a expressão aproximada para calcular a massa de um aglomerado. Use $\langle v^2 \rangle = 3\sigma^2$.

Substituindo a energia cinética e gravitacional no teorema,

$$\langle K \rangle = -\frac{1}{2}\langle V \rangle \rightarrow \frac{1}{2}M\langle v^2 \rangle = \frac{GM^2}{2R}$$

Substituindo $\langle v^2 \rangle$,

$$3\sigma^2 = \frac{GM}{R}$$

Assim a massa do aglomerado,

$$M_{cl} = \frac{3\sigma^2 R}{G}$$

10. Cite as diferenças entre matéria escura fria e quente. Quais são os cenários de formação de estruturas associados a cada uma delas? Explique

Matéria escura fria: é formada por partículas pesadas ou fora do equilíbrio com o Universo, não-relativísticas; Sua baixa energia cinética permite que fiquem presas aos poços de potencial local, favorecendo a aglomeração; As primeiras estruturas se formariam

como galáxias anãs de baixa massa, formando outros sistemas pelo colapso e fusão com outros sistemas.

Matéria escura quente: é formada por partículas leves, relativísticas, assim como neutrinos; A sua alta energia permite que escapem dos poços de potencial local, o que suaviza a distribuição de matéria; Nos cenários de formação, espera-se que superaglomerados de alta massa se formem primeiro, seguido pelo processo de fragmentação para formação de sistemas menores.

Por que é utilizado a dispersão de velocidades para estimar a massa de um aglomerado e não a curva de rotação (como no caso de galáxias espirais)?

Em aglomerados de galáxias, espera-se que a distribuição de velocidades das galáxias seja aleatória. De forma que, medindo individualmente, e fazendo a média das velocidades, obterá um valor igual a zero, num referencial em repouso em relação ao aglomerado. Por outro lado, a dispersão de velocidades destaca a diferença em função do todo. Assim, quanto maior a dispersão das velocidades das galáxias, maior a massa do aglomerado.