

Lista de Exercícios - Aula 16

AGA0215 - Fundamentos de Astronomia

Docentes: Augusto Damineli e Eduardo Cypriano

Monitora: Lia Doubrawa

1. Identifique na figura 1 galáxias de tipo espiral, elíptica, e irregular. Quais as principais características que as diferem? Discuta sobre as cores e formatos de seus diferentes componentes, sobre a ausência (ou não) de formação estelar, e sobre suas populações estelares.

a) M101 → Galáxia espiral; Galáxias espirais (tipo tardio/*late-type*) apresentam bojo, disco, braços espirais e podem apresentar barras nas regiões centrais. Os braços são azulados, com intensa formação estelar. Regiões mais claras estão associadas a regiões de intensa emissão de HII (hidrogênio ionizado). No disco, temos presença de poeira, e uma população estelar nova. No bojo, região um pouco mais avermelhada (associada a população mais antiga, e não devido à poeira), há uma mistura entre populações estelares novas e antigas. Finalmente, no halo, a população estelar é mais antiga.

b) ESO 325-G004 → Galáxia elíptica; Galáxias elípticas (tipo recente/*early-type*) são objetos com uma morfologia suave, sem braços ou discos proeminentes. Sua coloração avermelhada indica a presença de uma população estelar antiga. Galáxias elípticas apresentam pouca ou nenhuma poeira, e não há formação estelar ativa.

c) Grande Nuvem de Magalhães → Galáxia irregular; Galáxias irregulares não apresentam padrões, de formato irregular. Há grande formação estelar.

2. Qual foi o método utilizado por Edwin Hubble para a determinação da distância entre a Via Láctea e M31? Como essa informação afetou a astronomia?

No início do século XX havia grande debate sobre a natureza das nebulosas espirais, com ênfase na “nebulosa” de Andrômeda (M31). Para descobrir se M31 fazia ou não parte da Via Láctea, realizaram-se observações sistemáticas de estrelas variáveis tipo Cefeidas na região. Com um telescópio de 2.5 m localizado no Monte Wilson, Edwin Hubble estudou

variações de brilho de objetos e seus períodos. Sabendo a variação do fluxo observado com o tempo, pode-se determinar a distância por (como visto na aula 15),

$$Fluxo = \frac{Lumin}{4\pi d^2} \rightarrow d = \sqrt{\frac{Lumin}{4\pi Fluxo}}$$

A distância determinada era da ordem de centenas de kpc (~ 275 kpc / atualmente 784 kpc), valor muito maior do que o tamanho da Via Láctea (dezenas de kpc), indicando então que se tratava de um objeto extragaláctico. Tal estudo iniciou a exploração de objetos além da Via Láctea.

3. As linhas espectrais da galáxia elíptica 1 são mais alargadas que as linhas espectrais da galáxia elíptica 2. O que podemos afirmar a respeito delas?

É possível relacionar a largura de linhas espectrais com a energia cinética interna dos objetos astronômicos (slide 23, aula 16). Uma distribuição de estrelas com pequena dispersão de velocidades apresenta linhas de absorção estreitas, assim como na galáxia 2. Nessa configuração, os desvios para o vermelho ou azul de estrelas individuais se misturam, se tornando de difícil distinção (figura abaixo). Se a dispersão de velocidades é maior, assim como os respectivos desvios para o vermelho ou azul, as linhas se alargam - como no caso da galáxia 1.

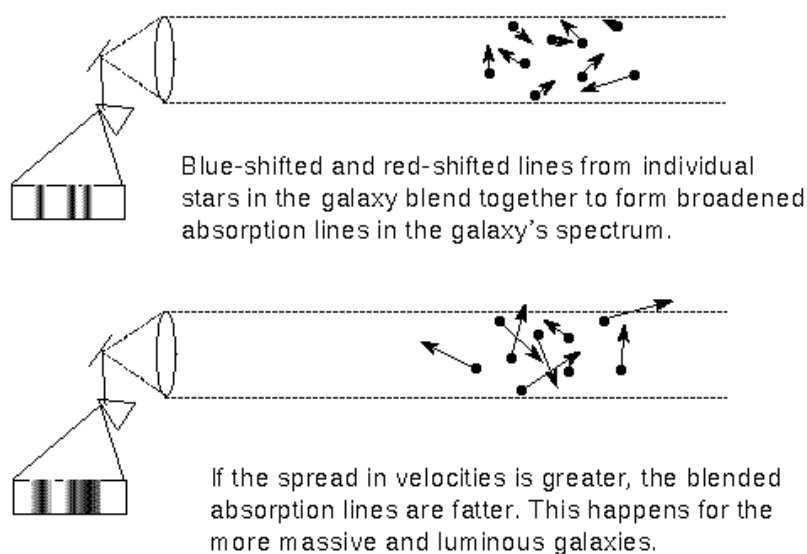


Figura 1: Comparação entre as linhas espectrais de galáxias. Quanto menor a dispersão de velocidades, mais estreitas são as linhas.

4. O que é a função de Schechter? E o que ela nos diz a respeito de galáxias menos luminosas?

A função de luminosidade de Schechter (1976) é uma aproximação que descreve a distribuição de galáxias de diferentes luminosidades dentro de uma faixa muito ampla (desde galáxias elípticas até as anãs mais fracas). Essa fórmula de ajuste não distingue entre os tipos de galáxias e seus parâmetros devem ser determinados observacionalmente. Descreve-se a função como a densidade de galáxias com luminosidades entre L e $L + dL$ (slide 15, aula 16),

$$\phi(L)dL = \phi^* \left(\frac{L}{L^*} \right)^\alpha e^{-L/L^*} d \left(\frac{L}{L^*} \right) \quad (1)$$

onde ϕ^* é um fator de normalização que define a densidade de galáxias, L^* é a luminosidade característica da galáxia, e α define o a inclinação do final fraco/*faint-end* da função de luminosidade.

Galáxias menos luminosas estão localizadas nesse *faint-end*, e a inclinação da função depende do ambiente em questão. A densidade pode ser estável, ou crescente (e.g., α negativo implica em um grande número de galáxias com pequenas luminosidade).

5. Relacione as curvas de rotação de galáxias espirais presentes na figura 2 com o problema da massa faltante.

Estudos de radioastronomia, e espectroscopia óptica, indicam que em grandes raios a velocidade medida é muito maior que a velocidade esperada para a massa proporcional a luminosidade observada (veja slide 22, aula 16). Esperava-se que, em tal regime, a dinâmica fosse dominada pela rotação (padrão Kepleriano, $M(R) \sim M_{Total}$),

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{GM_{Tot}}{R^2} \rightarrow v(R) = \sqrt{\frac{GM_{Tot}}{R}} \quad (2)$$

assim, quanto maior o raio (R), menor seria a velocidade esperada (v). A diferença entre observações e teoria pode ser explicada por uma componente que preenche o halo de galáxias e outros objetos no Universo: a matéria escura. Essa, é responsável pela maior parte da massa do objeto (estima-se $\sim 60\%$ da massa total de galáxias, e $\sim 80-85\%$ para aglomerados de galáxias).

6. O que os resultados obtidos utilizando o método de lentes gravitacionais indicam a respeito da presença e da natureza da matéria escura nas galáxias?

Uma das formas de tentar explicar o excesso de velocidade na curva de rotação da Via Láctea, tratada na questão anterior, se daria pela presença dos “MACHOs” (*Massive Compact Halo Object*, ou, objetos compactos massivos no Halo). Entretanto, o baixo número de detecções de eventos de microlentes indicam que tais objetos, sozinhos, não poderiam explicar o excesso observado. Assim, a matéria escura deveria ser algum tipo de partícula fundamental que não interage eletromagneticamente (“escura”) mas que atua gravitacionalmente (causa distorções nos feixes de luz de objetos distantes).

7. Podemos afirmar que o diagrama de classificação de Hubble representa uma evolução temporal das galáxias? Por quê?

Não, a sequência se dá pela morfologia das galáxias. A classificação de Hubble mostra uma transição suave da dinâmica de populações estelares antigas (vermelhas), para as mais jovens (azuis), e a componente tridimensional, seguindo de objetos mais esféricos dominados pela dispersão de velocidades, para galáxias dominadas por disco e rotação.