

1) Diga quais são os 4 principais tipos morfológicos no sistema de classificação de Hubble. Quais as suas características principais numa imagem óptica?

R:

Elípticas, S0s (lenticulares), Espirais (galáxias disco) e Irregulares. Elípticas têm formato circular (E0) ou elipsoidal, sendo subclassificadas em En, onde $n=10(1-b/a)$.

Galáxias espirais tem um componente planar dominante, o disco, e um esferoidal central, o bojo. Podem ser barradas (SB) ou não. Em ambos os casos, as subdivisões em Sa, Sb, Sc e Sd numa sequência tem razão bojo/disco decrescente. Os discos comumente apresentam braços em espiral.

Irregulares apresentam pouca (IrrI) ou nenhuma simetria (IrrII). Comumente usa-se sub-classificações intermediárias entre disco e irregulares, como Sdm, Sm, Im, onde o m significa *magalhânica*, em referência às Nuvens de Magalhães, as quais são Irr, mas apresentam um disco (e a Grande Nuvem tem uma barra (SBm)).

As S0 são intermediárias entre as Es e as Ss, apresentando um bojo bastante luminoso e extenso. Seu componente planar é comumente espesso e sem braços espirais.

2) Que outras características, além da morfológica, podem ser usadas para classificar galáxias?

R:

Em especial, a distribuição espectral de energia (SED) é uma forma de discriminar galáxias. As ditas *normais* têm a maior parte de sua energia luminosa restrita aos domínios do UV, óptico e infra-vermelho próximo, sendo sua SED uma superposição de espectros tipicamente estelares.

Galáxias com atividade nuclear possuem emissão intensa em outros comprimentos de onda proveniente da região central, que comumente corresponde à maior parte da luminosidade total. Mesmo no óptico os espectros dos núcleos ativos (AGNs) não correspondem à emissão estelar, apresentando linhas de emissão, algumas extremamente largas.

Outro tipo classificado de acordo com sua SED é o de galáxias com surto de formação estelar (*starburst*). Têm intensa luminosidade no UV e no azul

proveniente de regiões de formação estelar (HII). Mas por vezes essa radiação é reprocessada pela poeira do meio interestelar, a qual absorve a radiação de alta energia e a reemite no infra-vermelho distante ($\lambda > 30\mu m$). Neste caso, as starburst se manifestam como galáxias luminosas ou ultra-luminosas no infra-vermelho, LIRGS e ULIRGS, respectivamente.

3) Dê exemplos de limitações que se aplicam a qualquer esquema de classificação morfológica com base numa imagem.

R:

1 - A morfologia depende do filtro usado. No UV ou azul, os braços espirais e regiões HII se destacam, dando à galáxia uma aparência mais irregular. Em raios-X uma galáxia, caso emita neste domínio espectral, terá uma aparência que pode diferir da óptica. Muitas elípticas luminosas em raios-X, por exemplo, apresentam forma irregular e difusa, sobreposta a fontes pontuais.

2 - A classificação morfológica, como qualquer sistema de classificação leva à perda de informação, na medida em que objetos semelhantes morfológica-mente, mas não idênticos, são postos na mesma classe e subclasse.

3 - Efeitos de projeção alteram a forma observada de uma galáxia. Exemplos: Es prolatas (oblata) com eixo maior (menor) na linha de visada e Es esféricas são classificadas como E0. A aparência de uma espiral muda enormemente se vista de frente ou de perfil.

4) Como o livro define uma *galáxia normal*? Em que domínio do espectro ocorre a grande maior parte da emissão de luz de *galáxias normais*?

R:

Galáxias normais são definidas como aquelas cuja luminosidade é dominada pela emissão estelar, ou seja, é emitida predominantemente no óptico e IR, sendo uma sobreposição de espectros estelares com diferentes temperaturas.

5) Quais os diferentes subtipos de galáxias elípticas? Dê as características básicas de cada um.

R:

- Elípticas normais: se subdividem em elípticas gigantes (gEs), elípticas intermediárias (Es) e compactas (cEs), numa sequência decrescente em luminosidade e crescente em brilho superficial.

- elípticas gigantes (cDs): são as galáxias ditas normais mais luminosas que existem; ocupam as regiões centrais de aglomerados de galáxias, costumam ter um sistema de aglomerados extremamente rico, sendo também comumente

fortes emissoras em raios-X. Possivelmente se formaram pela fusão de galáxias menores. Elas têm alto brilho superficial central e um envelope difuso que não se ajusta a uma lei de de Vaucouleurs.

- Anãs elípticas (dE): são galáxias elípticas compactas, mas de brilho superficial central menos intenso e em geral metalicidade baixa. São muito abundantes em aglomerados de galáxias.

- Anãs esferoidais (dSph): são pouco luminosas e de baixo brilho superficial central. A maior parte das satélites da Galáxia são dSph.

- Anãs azuis compactas (BCDs): têm cores integradas mais azuladas que a maioria da Es ($0 \leq B - V \leq 0.3$), assim como uma quantidade maior de gás.

6) O que é a relação de Kormendy? Se você mede um valor de $\langle \mu_B \rangle = 18.0 \text{ mag/arcsec}^2$ para uma elíptica, a que subtipo ela deve pertencer? E se você mede $\langle \mu_B \rangle = 24.0 \text{ mag/arcsec}^2$?

R:

A relação de Kormendy correlaciona o tamanho característico (R_e) com o brilho superficial médio ($\langle \mu \rangle$). Galáxias Es normais maiores e mais luminosas tendem a ter menor intensidade média, sendo que as cEs são as de maior brilho superficial (exemplo: M32). Já as dEs e dSphs formam uma sequência completamente distinta, em que o tamanho se correlaciona positivamente com o brilho superficial médio.

$\langle \mu_B \rangle = 18.0 \text{ mag/arcsec}^2$ é característico de cEs. Já um valor 6 magnitudes menor é típico de uma dSph ou de uma dE de bem baixa luminosidade.

7) Qual o principal argumento contrário à ideia de que galáxias elípticas sejam sistemas estelares em rotação ?

R:

Medidas cinemáticas obtidas por espectroscopia espacialmente resolvida revelam que as velocidades de rotação encontradas são baixas quando comparadas com o valor necessário para acomodar um modelo de esferóide achatado por rotação. Essa conclusão é comumente expressa pelo parâmetro (V/σ) , que mede a razão entre a velocidade de rotação e a dispersão de velocidade características do sistema. Ou melhor ainda, usa-se o parâmetro

$$\left(\frac{V}{\sigma}\right)_* = \frac{\left(\frac{V}{\sigma}\right)}{\left(\frac{V}{\sigma}\right)_{iso}}$$

onde $(V/\sigma)_{iso}$ é o valor dessa razão para um modelo de galáxia oblata com suporte rotacional.

Os valores de $(V/\sigma)_*$ são comumente menores do que 1 para as Es, o que mostra que o seu achatamento não é causado pela rotação .

8) Calcule o tempo de relaxação de 2 corpos para um aglomerado estelar com as seguintes características: $M = 10^5 M_\odot$; $R = 3$ pc; $\sigma = 5$ km/s, onde σ é a dispersão de velocidades (velocidade orbital típica) de suas estrelas.

R:

Assumindo que $N = 10^5$, temos então

$$t_{relax} = \frac{R}{\sigma} \frac{N}{\ln N} = \frac{9.3 \times 10^{13}}{5} \frac{10^5}{11.51}$$

$$t_{relax} = 1.86 \times 10^{13} \cdot 8.69 \times 10^3 = 1.61 \times 10^{17} s = 5.1 \times 10^9 \text{ anos}$$

9) Quais as características que distinguem galáxias elípticas com distorções isofotais do tipo caixa (*boxy Es*, $a_4 < 0$) daquelas com distorções do tipo disco (*boxy Es*, $a_4 > 0$)? Como essas características variam entre os dois tipos?

R:

Galáxias E com $a_4 < 0$ tendem a ser mais luminosas em radio e em raios X; elas tendem a ter valores de $(V/\sigma)_*$ menores e apresentam maior incidência de subestruturas cinemáticas. A razão (M/L) tende a ser maior na região central de galáxias com isofotas em caixa do que em Es típicas de mesma luminosidade.

10) Qual a principal explicação para a existência de sub-estruturas cinemáticas e estruturais em galáxias Es? Qual o sinal do parâmetro a_4 para objetos que apresentam essas peculiaridades?

R:

O parâmetro de forma isofotal é negativo e a explicação para essas sub-estruturas é a ocorrência de eventos de fusão ou acreção .