

AGA 210 – Introdução à Astronomia

AGA 210 – Introdução à Astronomia - 2024 Lista 3

Questão 1. Quais estrelas variáveis podem ser utilizadas como indicadores de distância (“velas padrão”) para maiores distâncias? .RR Lyrae ou Cefeidas?

As RR Lyrae têm luminosidades entre 70 e 100 luminosidades solares. Já as Cefeidas têm luminosidades entre 200 e 20 000 luminosidades solares. Portanto, as Cefeidas podem ser usadas como “velas padrão” para estimar maiores distâncias, inclusive de galáxias a 100 milhões de anos-luz de nós.

Questão 2. O que são as regiões HII e qual o mecanismo de formação destes objetos? Em qual lugar elas podem ser encontradas na Galáxia?

Mecanismo de formação esta associado ao processo de ionização do gás por uma estrela muito energética dos tipos O ou B. São encontradas no disco.

Questão 3. Onde ocorre a formação de estrelas na Galáxia atualmente?

No disco, onde ainda existe o gás a ser comprimido e gerar novas estrelas.

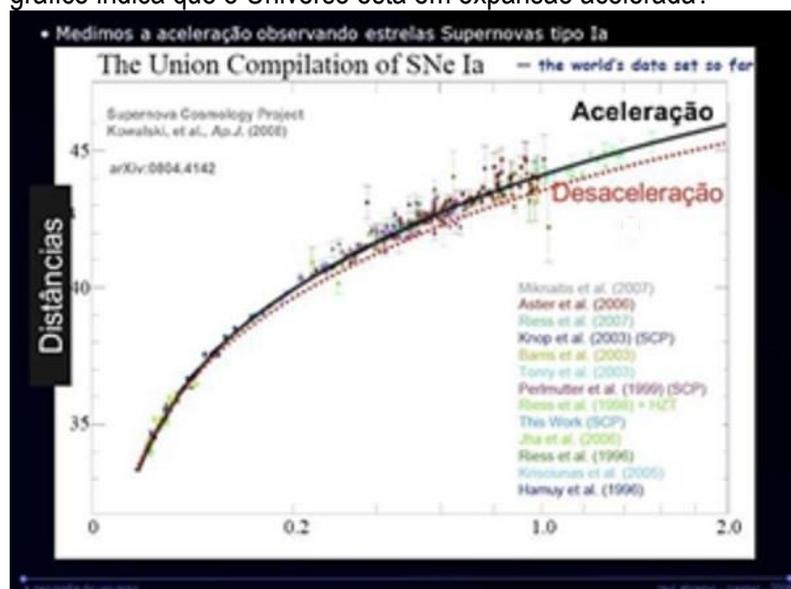
Questão 4. Quais as dificuldades existentes ao observar astros localizados atrás de regiões onde há poeira interestelar?

A dificuldade esta no fato de que a luz emitida por estes objetos será absorvida seletivamente (λ 's menores) pela poeira existente dificultando as observações no visível.

Questão 5. Qual a diferença estrutural entre as galáxias espirais Sa e Sc?

Sa's tem um bojo mais pronunciado e com braços espirais mais próximos desta componente. Sc's tem um bojo menor e os braços são mais desenvolvidos e dispersos.

Questão 6. O gráfico abaixo exhibe os resultados de estimativas de distância-luminosidade usando SNIa como “velas padrão” em função do redshift para modelos de Universo acelerado e desacelerado. Como este gráfico indica que o Universo está em expansão acelerada?



Questão 7. A energia responsável pela luminosidade de galáxias ativas não é devido a processos térmicos (luz das estrelas + emissão do gás e poeira). No caso de um núcleo ativo de galáxias quem é responsável pela energia adicional quando se compara a emissão de galáxias comuns? E no caso de rádio galáxias com emissão extensa?

No núcleo de galáxias, onde se prevê a presença de um buraco negro supermassivo, e a energia potencial gravitacional da matéria que se transforma em energia cinética (luminosidade) quando cai no disco de

AGA 210 – Introdução à Astronomia

acresção, gerando o adicional de energia observada próximo ao buraco negro. Este é um processo muito mais eficiente do que as reações nucleares de transformação do H em He, conhecida nas reações termonucleares que ocorrem nas estrelas. No caso da emissão extensa das radiogaláxias, esta é devido ao espiralamento de elétrons relativísticos na presença de um campo eletromagnético que gera radiação Síncrotron – responsável pela emissão de energia não térmica.

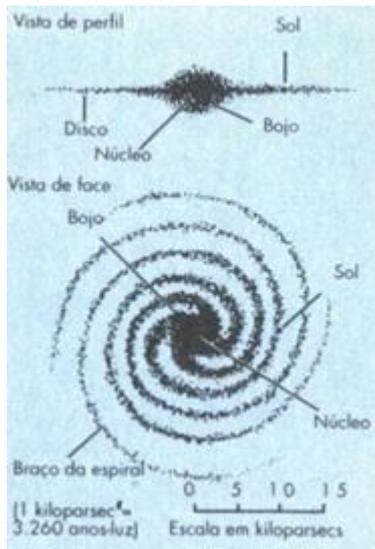
Questão 8. Explique sucintamente o método de H. Shapley (1885-1972) para a determinação da forma da Via Láctea. O que faltou Shapley considerar para que este método fornecesse a forma correta da Galáxia? Explique como essa consideração alteraria a concepção do formato da Galáxia.

Shapley, estudando a distribuição dos aglomerados globulares de estrelas, percebeu que os mesmos se encontravam distribuídos de maneira "esférica" em torno de um plano central. Com esta distribuição, ele utiliza como traçadores de distância estrelas variáveis e determina a distância do Sol ao centro da Via Láctea, além da forma da Via Láctea. No entanto, a precisão do seu resultado foi prejudicada por ele desconhecer a extinção estelar – ou seja, a absorção devido a poeira. Dessa forma, as estimativas da distância eram maiores do que de fato são e por este motivo ele obtém um valor de tamanho para a Via Láctea maior do que sabemos hoje ter. A Galáxia é um pouco menor, da ordem de 30 kpc ao invés de 100 kpc, distância determinada por ele.

Questão 9. Quais seriam os comprimentos de onda mais adequados para se estudar a estrutura do disco da nossa galáxia? Justifique.

Devido a grande quantidade de poeira na linha de visada, os melhores comprimentos de onda para se estudar a estrutura dos braços são os maiores do que a dimensão dos grãos de poeira, já que, para que a radiação consiga atravessar as nuvens de poeira e gás os comprimentos de onda devem ser maiores que o tamanho dos átomos ou moléculas. Este é o caso do comprimento de onda das radiações de rádio e Infravermelho.

Questão 10. Faça um esboço da nossa Galáxia, indicando as principais estruturas. Cite algumas características de cada estrutura.



A nossa Galáxia é uma espiral barrada do tipo SBbc, ou seja, possui barra e seus braços são bastante desenrolados. Seus principais componentes são:

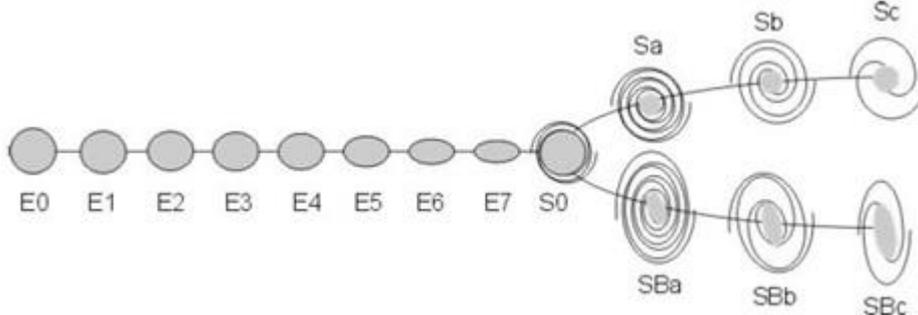
- **Bojo:** região central da Galáxia e contém o núcleo. É constituído por estrelas de população II, velha.
- **Disco:** É a componente mais luminosa, onde se encontra a maioria das estrelas de população I.
- **Halo:** É a região que envolve toda a Galáxia, mais massiva e menos luminosa. É constituída de estrelas de população II (em sua maioria, em aglomerados globulares).
- **Braços:** estrutura formada no disco devido a ondas de densidade, geradas pela órbita das estrelas no disco.
- **Braços:** estrutura formada no disco devido a ondas de densidade, geradas pela órbita das estrelas no disco.

AGA 210 – Introdução à Astronomia

Questão 11. No início do século passado houve um intenso debate quanto a natureza das “nebulosas espirais”. Enquanto alguns argumentavam que essas nebulosas faziam parte de nossa Galáxia, outros defendiam a ideia de elas se tratavam de “universos ilhas”. Como Edwin Hubble resolveu esta questão?

Ele identificou uma estrela variável do tipo Cefeida na “Nebulosa de Andrômeda” e utilizando a Relação Período-Luminosidade estima a distancia de Andrômeda aplicando o seguinte raciocínio: obtém o período observado da Cefeida que ele identifica em Andrômeda, e obtém a magnitude absoluta via Relação PL. Mede a magnitude aparente e então aplica a conhecida formula do “Modulo de Distancia” ($m-M = 5\log d+5$). A distancia obtida por este método era muito grande, indicando que um objeto a esta distancia não poderia pertencer a Via-Láctea, pois seria instável. A conclusão foi então que a “Nebulosa de Andrômeda” estava fora da Galáxia e que esta se encontrava muito além da Via Láctea, e portanto se tratava de uma galáxia.

Questão 12. Faça um esquema ilustrativo da classificação morfológica de galáxias feitas originalmente por Hubble. Cite algumas propriedades que variam ao longo da sequência de Hubble



No Sistema de Classificação de Hubble (SCH) estão representados os seguintes tipos de galáxias:

- Elípticas: são galáxias sem estruturas aparentes, com população estelar velha e pouco ou nenhum indicio de rotação. Possuem pouco gás e poeira, e praticamente não ha formação estelar.
- Espirais: formadas por três grandes estruturas (bojo, halo, disco, e em alguns casos uma barra), apresenta população estelar jovem no disco, alta taxa de formação estelar e muito gás e poeira. Possui varias estruturas e uma rotação muito importante.
- Lenticulares: possuem um bojo enorme, disco desprovido de braços e sem nenhuma outra estrutura aparente. São vermelhas e não apresentam formação estelar, sendo facilmente confundidas com elípticas.
- Irregulares: são galáxias que foram incluídas posteriormente ao Sistema original. São objetos que não possuem forma bem definida e se posicionam na porção final do SCH.

Questão 13. Qual a natureza e as diferenças entre aglomerados globulares e aglomerados abertos?

Os aglomerados globulares são aglomerados de estrelas fortemente ligados gravitacionalmente, com muitas estrelas, as vezes superando um milhão de estrelas, bastantes antigos (idades superiores a 10 bilhões de anos) e, em geral com baixas metalicidades, tendo sido formados nos primeiros estágios da evolução da Galáxia. Os aglomerados abertos são aglomerados de estrelas fracamente ligados gravitacionalmente, com menos estrelas do que os aglomerados estelares e mais jovens, sendo originários de regiões com formação estelar recente. Os aglomerados globulares se localizam no halo e bojo da Galáxia, enquanto que os aglomerados abertos se concentram no disco da Galáxia.

Questão 14. Discuta brevemente como pode ser explicada a presença de braços nas galáxias espirais

Os braços espirais são produzidos por ondas de densidade espirais, ou seja, por perturbações geradas como resultado de forcas gravitacionais de cisalhamento de estrelas e gás em um disco em rotação. Quando o gás atravessa estas perturbações ele e comprimido, gerando novas estrelas nestes locais e tornando visível a forma espiral mapeada pelas estrelas que “acenderam”.

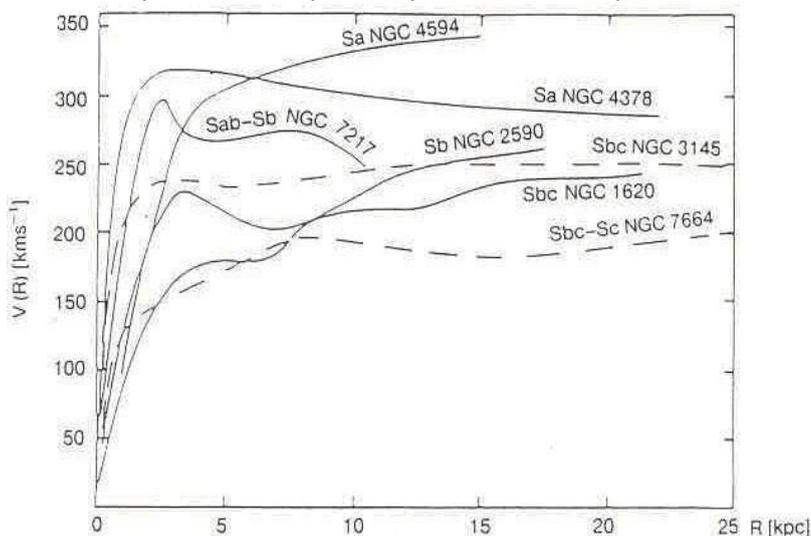
A perturbação, que viaja a uma velocidade diferente do material do disco, (estrelas, gás e poeira) continua a se propagar no disco e, por onde passa, se houver gás disponível, vai formar novas estrelas. Desta forma, os braços nunca são formados pelas mesmas estrelas. Não são produzidos pela rotação diferencial do material do disco, o que implicaria em braços materiais.

AGA 210 – Introdução à Astronomia

Questão 15. Que elementos foram formados no universo primordial e como foram formados os demais elementos no universo?

No Universo primordial foram produzidos Hidrogênio, Hélio e Lítio através da nucleossíntese primordial. Do Carbono em diante, os elementos são produzidos por nucleossíntese estelar. No interior de estrelas de baixa massa, como o Sol, foram formados elementos leves como o He, C e N. Os elementos do C até o Ferro foram formados dentro das estrelas de alta massa, com $M > 8$ massas solares, ou pela explosão de anãs brancas em sistemas binários (supernovas de tipo Ia). A produção destes elementos se dá por fusão nuclear. Os elementos mais pesados do que o Fe foram produzidos por captura de nêutrons, tanto de modo quiescente como em eventos explosivos – explosões de supernovas de tipo II ou fusão de estrelas de nêutrons. Parte do Lítio, o Berílio e o Boro são produzidos por um processo distinto da nucleossíntese primordial ou estelar: espalçamento de raios cósmicos sobre átomos do meio interestelar.

Questão 16. A figura abaixo representa diversas Curvas de Rotação de galáxias espirais. Que tipo de informação relevante sobre a constituição de matéria no Universo pode-se obter do comportamento destas curvas comparado com o previsto pela 3ª Lei de Kepler?



A diferença entre o comportamento observado e o previsto pela 3ª Lei de Kepler e de que como a velocidade orbital é constante (ao invés de diminuir) a partir de um raio onde não se mede mais a velocidade das estrelas do bojo, a massa aumenta com a distância ao centro das galáxias, implicando em que a massa tem natureza invisível, ou seja, “Matéria Escura”.

Questão 17. O que é a radiação cósmica de fundo? O que ela representa?

A radiação cósmica de fundo é uma radiação eletromagnética que foi criada originalmente numa fase primitiva da expansão do Universo, em uma era definida como Era Recombinação, e que hoje representa a radiação primordial isotrópica e remanescente do gás de fótons que participa da expansão do Universo. Se manifesta hoje como uma “impressão digital” ou vestígio residual ou ainda como a energia fóssil resultante da época em que o Universo era quente e denso, 380 mil anos após o evento do Big Bang.

Foi prevista teoricamente por 2 grupos de pesquisa, independentemente, com um valor de temperatura de 3K. Dados obtidos por vários satélites destinados a estas medidas como o COBE, o WMAP e o Planck mostram que sua temperatura é ajustada por um corpo negro de 2,7K.

Questão 18. Explique o que é o Princípio Cosmológico.

O Princípio Cosmológico, princípio utilizado em todos os Modelos Cosmológicos, refere-se a hipótese de que o Universo é homogêneo e isotrópico.

Homogêneo significa que o Universo parece ser o mesmo para observadores em todas as localizações e que não existe localização especial ou privilegiada.

Isotrópico significa que para um observador em qualquer localização o Universo parece ser o mesmo em todas as direções e vai observar os mesmos padrões.

AGA 210 – Introdução à Astronomia

Questão 19. Quais evidências observacionais que nos levam a crer que o Big Bang ocorreu?

1a – A expansão do Universo.

2a – Paradoxo de Olbers ou do céu escuro.

3a – Detecção da radiação cósmica de fundo de 2,7 K.

Questão 20. Quanto vale o tempo de Hubble (em Ganos) para a constante de Hubble $H_0=60$ km/s/Mpc e $H_0=80$ km/s/Mpc ($1\text{pc} = 3,086 \times 10^{13}$ km; $1 \text{ano} = 3,1536 \times 10^7$ s). Qual a relação entre a constante de Hubble e a idade do Universo?

$$T_{\text{Hubble}} = 1/H_0$$

$$H_0 = 60 \text{ km/s/Mpc} \rightarrow T_{\text{Hubble}} = 1/H_0 = (60/10^6 \times 3,09 \times 10^{13})^{-1} \text{ s} = 5,15 \times 10^{17} \text{ s} \approx 16 \text{Ganos}$$

$$H_0 = 80 \text{ km/s/Mpc} \rightarrow T_{\text{Hubble}} = 1/H_0 = (80/10^6 \times 3,09 \times 10^{13})^{-1} \text{ s} = 3,86 \times 10^{17} \text{ s} \approx 12 \text{Ganos}$$

Quanto maior H_0 , menor a idade do Universo

Questão 21. Qual o papel da matéria e da energia escura na expansão do Universo?

A matéria, em qualquer forma – matéria bariônica, matéria escura fria, neutrinos, fótons – desacelera a expansão do Universo, enquanto que a energia escura, desacelera a expansão.

Questão 22. Como a densidade de energia do Universo se relaciona com a sua geometria?

Se a densidade do Universo for exatamente igual à densidade crítica, a geometria do Universo será plana ou euclidiana, se for maior, será esférica ou de Gauss, de for menor, será aberta ou de Lobachevsky.

Questão 23. Segundo a cosmologia contemporânea, quais componentes contribuem à densidade de energia do Universo e quanto? (a Receita do Universo)

A densidade ρ_i de cada componente i do Universo, contribui ao parâmetro de densidade do Universo uma parcela $\Omega_i = \rho_i / \rho_{cr}$: energia escura $\Omega_{de} = 0,73$; matéria escura fria $\Omega_{cdm} = 0,23$; matéria bariônica $\Omega_b = 0,04$; neutrinos $\Omega_\nu = 0,001$; fótons $\Omega_\gamma = 0,0005$. Em conformidade com dados observacionais e como esperado da teoria da inflação, a soma de todos estes componentes daria $\Omega_{tot} = 1$.

Questão 24. O que é a “singularidade”? Após este evento o Universo passou por várias Eras. Quais são e quais os principais eventos a elas associadas? Qual grandeza física muda durante a história de evolução do Universo e que é responsável pela caracterização das Eras?

Singularidade: é uma previsão matemática que resulta das equações da Relatividade Geral onde condições físicas extremas tais como densidade e temperatura seriam infinitas. O Universo teria se originado desta singularidade que seria responsável pelo início do espaço-tempo, que ocorreu a uns 13,7 bilhões de anos. Desde então o Universo estaria se expandindo, criando matéria, radiação e, o próprio espaço-tempo.

Eras: Era de Planck, Inflação, Aniquilação da anti-matéria, Era dos Hadrons, Era dos Leptons, Nucleossíntese primordial, Era da Radiação, Era da Matéria, Recombinação, Era da Energia Escura. A temperatura do universo cai fortemente com a sua expansão e determina essas eras e eventos.