

# AGA0215 - Fundamentos de Astronomia

## Gabarito - Aula 13

### PROBLEMAS

1. Por que estrelas na faixa de instabilidade, como as Cefeidas, pulsam radialmente?

Devido a um mecanismo conhecido como “Válvula de Eddington” que faz com que ocorra a contração e expansão da estrela: quando a estrela está em seu raio mínimo, a densidade das camadas subfotosféricas atinge o máximo, aumentando a opacidade. A pressão da luz atinge seu máximo, expandindo e ionizando essas camadas. Ao atingir seu raio máximo, as camadas deixam os fótons escaparem livremente para o espaço e as camadas voltam a cair para um raio menor.

Uma Cefeida clássica (população I) tem período de 1 mês, responda as questões 2 e 3:

2. Qual sua magnitude visual absoluta ( $M_V$ )?.

Utilizando a relação período-luminosidade ( $P = 1$  mês  $\sim 30$  dias):

$$M_V = -2.43 \log(P - 1) - 4.05 \rightarrow M_V = -7.60 \text{ mag}$$

3. Se ela tem uma magnitude aparente  $m_V = 20$ , qual é a sua distância?

Para isto, podemos utilizar a equação do módulo de distância e o resultado da questão anterior:

$$m_V - M_V = 5 \log d(\text{parsec}) - 5 \quad \therefore$$

$$d = 10^{\frac{m_V - M_V + 5}{5}} \rightarrow d = 33.168 \text{ kpc}$$

4. Quais as características físicas das (a) Anãs Brancas, (b) Estrelas de nêutrons e (c) Buracos Negros?

(a) As anãs brancas são muito quentes e densas, seu tamanho é similar ao da Terra, possuem

massa menor que  $1.4M_{\odot}$  (que é o chamado de limite de Chandrasekhar) e sua pressão é provinda da repulsão de spin dos elétrons.

(b) As estrelas de nêutrons possuem raio de  $\sim 10km$ , sua pressão interna é provinda da repulsão do spin dos nêutrons e sua massa máxima é de  $\sim 2.5M_{\odot}$  (chamado de limite de Oppenheimer-Volkoff). São compostas basicamente por nêutrons, possuem alta rotação e um campo magnético muito forte.

(c) Buracos negros estelares possuem um raio típico de  $R = 2GM/c^2 = 3(M/M_{\odot})km$ . Não conhecemos sua estrutura interna, mas sabemos que a sua região externa é caracterizada por um horizonte de eventos e um disco de acreção (caso esteja se “alimentando”).

5. Quais estrelas são progenitoras de: (a) Anãs Brancas, (b) Estrelas de nêutrons e c) Buracos Negros?

(a) Estrelas da SP com  $0.08M_{\odot} < M < 8M_{\odot}$ .

(b) Estrelas da SP com  $8M_{\odot} < M < 50M_{\odot}$  (não se sabe muito sobre o limite superior).

(c) Para um buraco negro **estelar**, a progenitora seria uma estrela da SP com  $M > 40M_{\odot}$ .

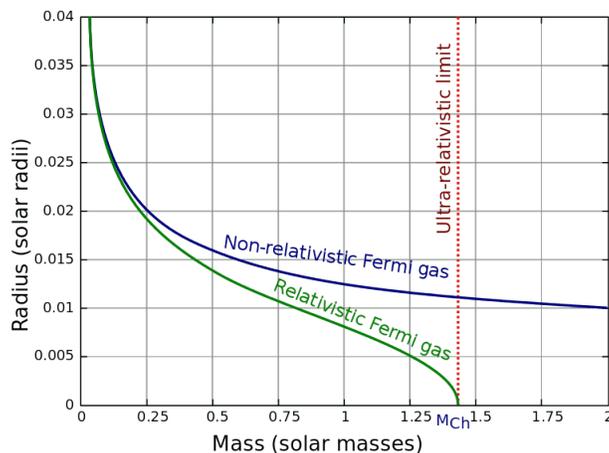
6. Por que o raio de uma Estrela de Nêutrons é menor que o de uma Anã Branca, para uma mesma massa?

O comprimento de onda associado a uma partícula é inversamente proporcional a sua massa. Como o nêutron tem massa 2000 vezes maior que o elétron, seu comprimento de onda associado é 2000 vezes menor. Por causa disto, um gás degenerado de nêutrons consegue se distribuir num espaço muito mais compacto.

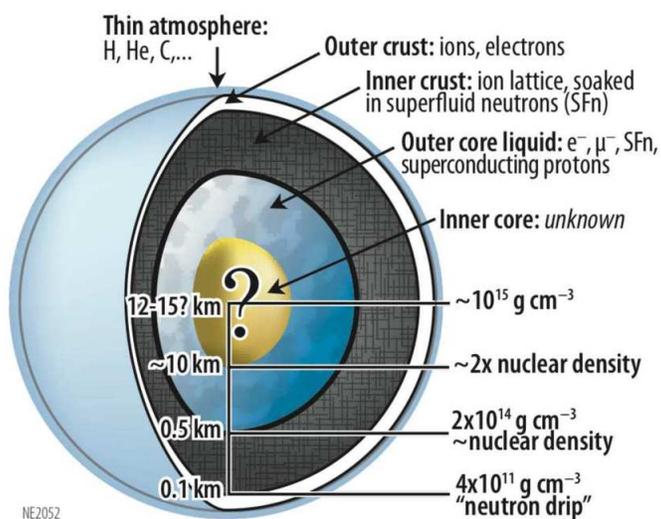
7. Por que uma Anã Branca tem um limite máximo de massa (Limite de Chandrasekhar)? Porque existe apenas um único valor de  $M$  que satisfaz a equação abaixo, obtida a partir da relação de pressão degenerada relativística.

$$\frac{M^6}{R^4} \sim \frac{M^4}{R^4}.$$

Este valor é de  $1.4M_{\odot}$ , que é o limite superior de massa que uma anã branca pode possuir.



8. Desenhe a estrutura interna de uma estrela de nêutrons.



9. Qual o raio de Schwarzschild de um buraco negro de 10 massas solares?

$$R_s = \frac{2GM}{c^2} \rightarrow \boxed{R_s \approx 29.5 \text{ km}}$$