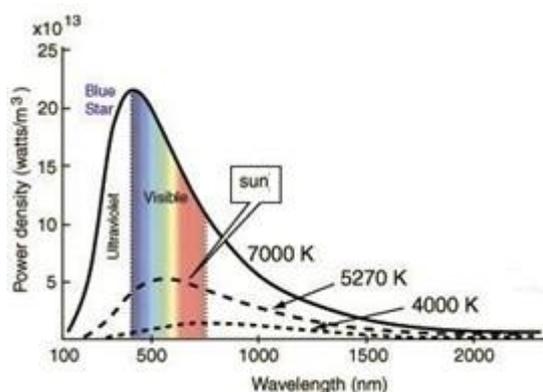


# AGA 210 – Introdução à Astronomia

## AGA 210 – Introdução à Astronomia - 2024 Lista 2

### Estrelas e evolução estelar

**Questão 1** Calcule a luminosidade do Sol ( $L$ ) e o fluxo na sua superfície ( $F$  – energia total emitida por área e por segundo), sabendo que o comportamento do espectro contínuo observado do Sol se encontra na figura abaixo e que o raio do Sol é  $R=7 \times 10^5$  km.



#### Solução

-- Pedese :  $L$  e  $F$

-- Dados:  $R=R_{\text{sol}} = 7 \times 10^5$  Km;  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$  (w / m² K⁴)

-- Teoria:  $F = L / 4\pi R^2$  ,  $F = \sigma T^4$  (lei de Stefan-Boltzmann)

Substituindo (2) em (1)  $\rightarrow L = (\sigma T^4) \times (4\pi R^2)$  eq.(3)

Do gráfico acima temos que estrelas do tipo do Sol têm  $T = 5270$  K

Substituindo os valores dados em eq.3, temos:  $L = 8,34 \times 10^{26}$  W

**Questão 2** Duas estrelas A e B tem luminosidades 6,4 e 0,4  $L_{\text{solar}}$ , respectivamente. Se ambas têm a mesma magnitude aparente, qual é a relação entre suas distancias?

$$L_A = 6,4 ; L_B = 0,4$$

$$\text{Como } m = -2,5 \log L, \text{ e temos que } m_A = m_B \rightarrow \text{deduz-se que } L_A / d_A^2 = L_B / d_B^2 \rightarrow L_A/L_B = (d_A/d_B)^2$$

$$\text{Então, } 6,4/0,4 = (d_A/d_B)^2 \rightarrow 4d_B = d_A$$

**Questão 3** Sabendo que uma estrela possui módulo de distância igual a -31,57, responda:

a) Qual é a distância até ela em pc?

$$\text{Módulo de Distância: } m - M = 5 \log (d[\text{pc}]) - 5$$

## AGA 210 – Introdução à Astronomia

$$\frac{-31,57 + 5}{5} = \log(d[\text{pc}]) \rightarrow \log(d[\text{pc}]) = -5,314 \rightarrow d[\text{pc}] = 10^{-5,314} \approx 4,8 \times 10^{-6}$$

b) Qual é a distância até ela em U.A?

Lembrando que 1 pc = 206265,806 UA e que do resultado acima  
 $d[\text{pc}] = 4,8 \times 10^{-6} \rightarrow x$

Temos que  $x = d = 1 \text{ UA}$

c) Que estrela seria essa?

O Sol

**Questão 4** O que é um diagrama HR? Qual sua importância? Que informações precisamos ter para construir um? Como podem ser estimados os observáveis necessários para a construção do D-HR? Quais os principais grupos de estrelas que podemos claramente observar neste diagrama?

O D-HR é um gráfico que correlaciona grandezas físicas como Luminosidade (L) ou Magnitude Absoluta (M) com temperatura (T), Índice de cor (IC), Cor e Tipo Espectral (TE).

Representa uma das maiores sínteses da astrofísica, já que é possível traçar os “caminhos” evolutivos que as estrelas realizam.

Os observáveis necessários para construção do D-HR (L ou M, T, IC, Cor e TE)

Podemos identificar quatro grandes grupos: Sequencia Principal (onde se encontra a maior parte das estrelas ~80%); Gigantes Vermelhas; Supergigantes Vermelhas e Anãs Brancas.

**Questão 5** Como podemos obter a massa de uma estrela através de observações de sistemas binários?

**Através de Sistemas Binários**, podemos obter a massa individual através de duas etapas:

**1a etapa - aplicando a 3a Lei de Kepler**

$$m_1 + m_2 = \frac{(a)^3}{P^2}$$

**2a etapa - Utilizando a SOMA DAS MASSAS**

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Utiliza-se os observáveis semi-eixo maior **a** e período **P**

## AGA 210 – Introdução à Astronomia

**Questão 6** Qual é a fase evolutiva mais duradoura de uma estrela? Como é chamada a região do diagrama HR (D-HR) onde essas estrelas se encontram? Qual processo físico caracteriza essa fase?

A fase em que se encontra na Sequência Principal, onde está sendo realizada a queima do H em He. **85% das estrelas encontram-se nesta fase**

**Questão 7** Uma estrela de magnitude 2 é 3 magnitudes mais brilhante que uma estrela de magnitude 5. Quantas vezes ela é mais brilhante do que uma estrela de 5ª magnitude.

**Solução:**

Dados: Temos que  $m_2 = 3 \times m_5$  e sabemos que 1 magnitude corresponde a uma razão de brilho de 2,5. Então,

$$m_2 = 2,5 m_3$$

$$m_3 = 2,5 m_4 \text{ e}$$

$$m_4 = 2,5 m_5$$

Substituindo  $m_4$  em  $m_3$  e  $m_3$  em  $m_2$ , teremos:

$$m_2 = (2,5) \times 2,5 m_4 \text{ ou seja,}$$

$$m_2 = 2,5 \times 2,5 \times 2,5 m_5 = (2,5)^3 m_5 = 16,25 .$$

A estrela  $m_2$  é **16,25** vezes mais brilhante que uma de 5ª magnitude ( $m_5$ )

**Questão 8** O objeto mais fraco que podemos observar atualmente tem magnitude  $m = 31$ . Este objeto é 25 magnitudes mais fraco que a estrela mais fraca observada a olho nú. Qual o fator de brilho em relação a esta estrela mais fraca visível a olho nú?

**Solução:**

Dados: Objeto mais fraco observado:  $m_f = 31$

Objeto mais fraco observado a olho nú:  $m_o = 6$

$$\text{Diferença } m_f - m_o = 25$$

Então,  $m_f = (2,5)^{25} = 8,8 \times 10^9$  ou seja, da ordem de 9 bilhões de vezes mais fraco que o objeto observado a olho nú.

**Questão 9** Uma estrela tem magnitude aparente  $m = 12$  e está a uma distância  $d = 1000$  pc. Qual sua magnitude absoluta?

**Solução:**

Dados:  $m = 12$  e  $d = 1000$  [pc]

Pela equação do Módulo de Distância  $\rightarrow m - M = 5 \log (d[\text{pc}]) - 5$

$$\text{então } M = m - 5 \log (d[\text{pc}]) + 5 = -15 + 17 \rightarrow \mathbf{M = 2}$$

**Questão 10** Uma estrela que se localiza na porção superior da SP no diagrama HR que possui uma massa  $M = 20 M_{\text{sol}}$  e luminosidade  $L = 10.000 L_{\text{sol}}$  vai viver quanto tempo? E no caso de uma

## AGA 210 – Introdução à Astronomia

estrela que tem  $M = 0,1 M_{\text{Sol}}$  e  $L = 0,001 L_{\text{Sol}}$ ?

$$\text{Solução 1: } T_v = M(M_{\text{Sol}}) / L(L_{\text{Solar}}) \times T_{v\text{Sol}} = (20/10.000) \times (1 \times 10^{10}) = 2 \times 10^7 \text{ anos}$$

$$\text{Solução 2: } T_v = M(M_{\text{Sol}}) / L(L_{\text{Solar}}) \times T_{v\text{Sol}} = (0,1/0,001) \times (1 \times 10^{10}) = 10^{12} \text{ anos}$$

**Questão 11** Quando a estrela está em equilíbrio isto significa que a força da gravidade é contrabalançada por outra força. No caso das estrelas da SP, esta força é a pressão do gás alimentada pela pressão de radiação gerada na fusão do H. No caso de estrelas de nêutrons e anãs brancas, qual é a força que equilibra estas estrelas?

No caso de anãs brancas, pela pressão de degenerescência de elétrons. No caso de estrelas de nêutrons, e pressão de degenerescência de nêutrons.

**Questão 12** Se buracos negros não podem emitir luz, qual a estratégia usada para tentar detectá-los?

Sabemos que em um Sistema Binário, onde existe um buraco negro, é possível observar somente uma das estrelas. Nos dados de observações espectroscópicas desta estrela, através do efeito Doppler percebemos o vai e vem de linhas espectrais indicando a presença de outro astro, revelando a presença de um BN. Se o BN estiver acreando massa da companheira, forma-se um disco de acreção vai emitir em R-X. Se emitir nesta frequência podemos deduzir a presença do BN. Se o BN formar par com outro BN no sistema binário, por emissão de ondas gravitacionais, os dois BNs vão se aproximar até acontecer um evento de coalescência dos BNs, quando ocorre uma forte emissão de ondas gravitacionais, que pode ser detectada por observatórios de ondas gravitacionais, como o LIGO. Buracos negros isolados, não podem ser detectados.

**Questão 13** Quais os estágios finais de estrelas de baixa e alta massa que evoluem individualmente e qual a razão de terem finais de vida diferentes. Explique qual o produto final de evolução em cada caso mencionado.

Os estágios finais de estrelas de baixa massa evoluem essencialmente pelas fases: Gigante Vermelha, Ramo Assintótico das Gigantes, Nebulosas Planetárias e Anãs Brancas.

Os estágios finais de estrelas de alta massa evoluem essencialmente para Supergigantes Vermelhas, Supernovas tipo II, Estrelas de Nêutrons ou Buracos Negros.

A razão de terem evolução diferente se deve ao fato de que as estrelas mais massivas conseguem produzir elementos químicos mais pesados do que o Carbono, já que as Reações Termonucleares (ou queima, ou fusão) conseguem ser realizadas devido a temperaturas mais altas atingidas no centro, gerada pela maior força gravitacional provocada pelas mais massivas. Mais massiva a estrela, maior a força gravitacional, maior temperatura, mais pesados são os elementos produzidos por fusão.

**Questão 14** O que são as regiões HII e qual o mecanismo de formação destes objetos? Em qual lugar estas regiões podem ser encontradas na Galáxia?

Mecanismo de formação está associado ao processo de ionização do gás por estrelas muito quentes e jovens de tipos O ou B, presentes nas regiões de formação estelar..

**Questão 15** Em qual sítio estelar é produzido predominantemente: a) nitrogênio; b) oxigênio; c) ferro; d) ouro

a) estrelas de baixa massa/nebulosas planetárias; b) estrelas de alta massa/supernovas de tipo II; c) binárias de estrelas de baixa massa/supernovas de tipo Ia; d) binárias de estrelas de alta massa/fusão de estrelas de nêutrons.

# AGA 210 – Introdução à Astronomia

## Sistema Solar e exoplanetas

**Questão 16** Qual o planeta mais quente do sistema solar? Por que ele é tão quente?

O planeta mais quente do sistema Solar é Vênus. Sua temperatura é alta, pois o planeta possui uma atmosfera muito densa de CO<sub>2</sub> com um efeito estufa violento, tornando a superfície de Vênus mais quente que a de Mercúrio.

**Questão 17** Qual o critério para separar um planeta clássico de um planeta anão?

O critério é que o astro precisa ser dominante em sua órbita para ser considerado planeta clássico, o que não ocorre para os planetas anões.

**Questão 18** Ceres, Plutão, Eris, Haumea e Makemake estão entre os planetas anões descobertos até o momento. O que eles têm em comum? Qual deles está mais perto da Terra?

Todos os planetas anões compartilham seu espaço e órbita com grupos de objetos semelhantes na forma, dimensões e natureza: Plutão, Eris, Haumea e Makemake estão no cinturão de Kuiper e Ceres está no cinturão de asteroides entre Marte e Júpiter, portanto, é o mais próximo de nós.

**Questão 19** Em 2015, a Nasa anunciou a descoberta de que há indícios de água em estado líquido na superfície de Marte. Qual a importância desta descoberta? Além disso, a superfície do planeta mostra que no passado, ele já teve muita água no estado líquido. Por que a água está sumindo da superfície de Marte?

A descoberta mais relevante é que existe ciclo hidrológico, já que esta água aparece em determinadas estações e está relacionada a variações de temperaturas. Este fato abre perspectivas para busca de pesquisa de vida microbiana, além da possibilidade de, na manipulação da água, obter-se combustível, oxigênio e preparar missões tripuladas, já que o elemento vital se encontra presente no planeta.

A água está constantemente escapando de Marte já que não possui gravidade suficiente para manter o gás preso na fina atmosfera do planeta. Com o passar do tempo, a água por lá existente evapora e, uma vez na atmosfera de Marte, que é muito fina, se desprende do planeta.

**Questão 20** Descreva quais os principais de objetos do Sistema Solar, qual sua natureza e localização na estrutura geral do Sistema Solar.

- Planetas jovianos: planetas gasosos que se localizam na estrutura externa do Sistema Solar. São eles: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

- Planetas telúricos: também conhecidos como terrestres ou rochosos, se localizam na estrutura interna do Sistema Solar. São eles: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.

- Planetas anões: são planetas com menores dimensões do que os planetas clássicos, que orbitam o Sol e com massa suficiente para promover o equilíbrio hidrostático entre a autogravidade e a rigidez do material. São eles: Ceres, Plutão, Eris, Haumea e Makemake.

- Satélites: corpos celestes que orbitam planetas clássicos e anões.

## AGA 210 – Introdução à Astronomia

- Cometas: pequenos corpos com composição de gelo e poeira que devido a instabilidades gravitacionais do Sistema Solar se “despreendem” do cinturão de Kuiper ou da nuvem de Oort. Devido a sua composição (gelo), quando se aproximam do Sol vaporizam material devido a alta temperatura, gerando uma cauda sempre na direção oposta ao seu movimento.

**Questão 21** Existem várias luas no Sistema Solar que, mesmo sendo frias, são consideradas ativas sismicamente. Cite ao menos duas delas e justifique a origem da atividade sísmica.

Podemos citar a lua Europa de Júpiter e Encélado de Saturno, ambas sujeitas a enormes forças de maré oriundas de seus planetas, o que lhes causa a presença de oceanos subglaciais de água líquida. No caso de Encélado, rupturas na crosta de gelo permitem a ejeção da água que se encontra abaixo da superfície na forma de geysers.

**Questão 22** Por que a Terra, mesmo sendo maior e mais massiva que a Lua, possui poucas crateras em sua superfície?

Porque na superfície da Terra temos a ação da erosão e do clima que modifica os ambientes. As bordas das crateras terrestres são constantemente alisadas por ações de ventos e chuvas, enquanto os sedimentos são carregados e preenchem as suas partes centrais. Ao longo de centenas de milhões de anos após uma colisão, o clima da Terra apaga completamente a cicatriz que o impacto de um asteroide um dia deixou no planeta.

**Questão 23** O Sistema Solar pode ser descrito didaticamente de maneira estratificada, ou seja, em estrutura interior e exterior, em função dos principais contrastes nas propriedades dos planetas gigantes e terrestres. Comente pelo menos 3 características ou propriedades que justificam esta estratificação na estrutura geral do Sistema Solar.

- Sistema Solar Interior: caracterizado pela presença de planetas rochosos relativamente pequenos e densos (3500-5500 kg/cm<sup>3</sup>) e praticamente desprovidos de satélites com rotação relativamente lenta. A composição química destes planetas é relativamente baixa em elementos leves e gases voláteis (H e He), e alta de elementos pesados, refratores, como o silício e ferro.

- Sistema Solar Exterior: caracterizado pela presença de planetas gigantes gasosos, todos eles com a presença de anéis, pouco densos (700-1700 kg/cm<sup>3</sup>), em rápida rotação e com uma enorme quantidade de satélites. A composição química destes planetas é relativamente alta em elementos leves e gases voláteis (H e He).

**Questão 24** Explique por que existem planetas com e sem atmosfera e qual a origem dos campos magnéticos.

A manutenção da atmosfera de um planeta depende da temperatura e da velocidade de escape dos átomos que compõem a atmosfera. Altas temperaturas e massas pequenas implicando baixas gravidades (menores velocidades de escape) facilitam a saída de moléculas da atmosfera para fora do planeta.

Campos magnéticos surgem devido ao movimento relativo entre o caroço sólido central de ferro-níquel, e o caroço líquido desse material na região central dos planetas, sob o efeito da rotação.

**Questão 25** Explique por que as 4 Luas de Júpiter possuem propriedades tão contrastantes.

Devido à proximidade das luas em relação ao planeta, elas sofrem diferente influência das forças de maré, levando a uma menor densidade, maior conteúdo de gelo, e menos retrabalhamento da superfície à medida que se afasta do planeta.

## AGA 210 – Introdução à Astronomia

**Questão 26** Que fenômeno físico poderia justificar a diferença entre os planetas gigantes, gasosos, e os terrestres rochosos?

A distância ao Sol influencia a **velocidade de escape do gás**, já que a temperatura é maior naqueles planetas que se encontram próximos ao Sol e sua massa é menor e a gravidade retém menos atmosfera. Já os planetas gasosos conseguem manter gases bem leves na sua atmosfera, pois à temperatura menor, quando comparada a dos planetas terrestres, e aos seus fortes campos gravitacionais..

**Questão 27** Quais são as duas estruturas do Sistema Solar que abrigam os cometas? Quais as diferenças das órbitas desses cometas?

O cinturão de Kuiper e a nuvem de Oort. Os cometas do cinturão de Kuiper têm órbitas elípticas periódicas, enquanto que aqueles da nuvem de Oort têm órbitas quase parabólicas e são, ou de uma única passagem pelo Sistema Solar interior ou de períodos extremamente longos.

**Questão 28** O que são Júpiteres quentes?

Júpiteres quentes são exoplanetas da dimensão de Júpiter porém muito próximos da estrela central do sistema planetário e, portanto, com temperaturas muito elevadas. Pelas suas grandes massas e maior proximidade da estrela central do sistema, são os exoplanetas mais facilmente detectáveis.

**Questão 29** Quais os dois métodos mais bem sucedidos para detectar exoplanetas? Cada uma delas revela quais propriedades do exoplaneta?

O método dos trânsitos e o método das velocidades radiais. No método dos trânsitos, podemos determinar  $P_{orb}$ ,  $a$ ,  $e$ ,  $i$ ,  $R_{pl}$ , composição do planeta e composição atmosférica. No método das velocidades radiais, podemos determinar  $P_{orb}$ ,  $a$ ,  $e$ ,  $M_p \sin(i)$  e composição do planeta.

**Questão 30** O que é a Zona Habitável Estelar? Qual a importância de se procurar por exoplanetas na Zona Habitável? Qual a massa dos exoplanetas nessa zona com maior interesse astrobiológico?

A Zona Habitável Estelar é a zona em torno de uma estrela, onde pode haver água no estado líquido na superfície de um planeta. Suas bordas interior e exterior são determinadas pela distância do planeta à estrela que garante uma temperatura de equilíbrio radiativo que permite a água líquida dada a pressão atmosférica e efeito estufa do exoplaneta. Exoplanetas na ZH são aqueles que podem ter oceanos ou massas de água na sua superfície assim, poderem abrigar a vida. A faixa de massa de maior interesse astrobiológico é entre 0.1 e 5 massas terrestres. As massas mais altas são as chamadas Superterras. De acordo com modelos de formação planetária, as Superterras muito provavelmente seriam Planetas Oceano, totalmente encobertos cobertos por um oceano global.