



# LOA

LIGA OLÍMPICA DE ASTRONOMIA  
&  
**Guardiões da Educação**

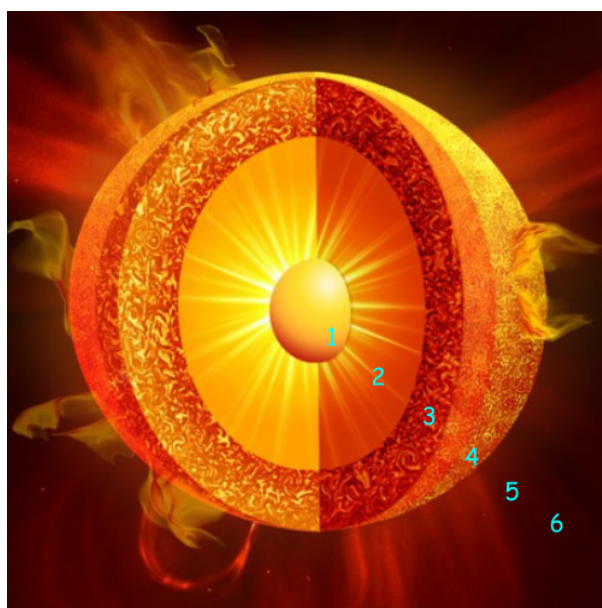
## 3ª Lista de exercícios para a OBA (Nível 4)

### Questões Fotometria & Estrelas

Material elaborado por Iago Mendes

#### 1. Questão (1 ponto)

A nossa estrela – o Sol – possui 6 camadas, 3 internas e 3 externas. Observe a seguinte representação com números de 1 a 6 em cada camada solar:



#### 1.1. Pergunta (0,6 ponto) (0,1 cada acerto)

Abaixo, os 6 nomes das camadas solares estão em ordem aleatória. Insira o número correspondente ao representado na imagem.

( ) Zona convectiva

( ) Núcleo

( ) Coroa

( ) Zona radiativa

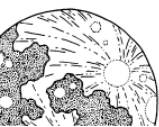
( ) Fotosfera

( ) Cromosfera

#### 1.2. Pergunta (0,1 ponto)

Quais as formas de transmissão de calor nas camadas 2 e 3, respectivamente?

( ) Condução e Radiação





- ( ) Radiação e Convecção
- ( ) Convecção e Condução
- ( ) Convecção e Radiação

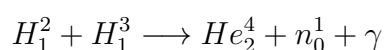
### 1.3. Pergunta (0,3 ponto)

Algo que ainda intriga vários cientistas é o fato de a camada 6 possuir uma maior temperatura do que as camadas 4 e 5. O fator responsável por essa peculiaridade mais aceito atualmente também causa irregularidades na atmosfera solar, como os ventos solares. Qual é esse fator?

- ( ) Equilíbrio entre força gravitacional e a pressão de radiação
- ( ) Escapamento de neutrinos originados pelas reações nucleares
- ( ) Movimento do Sol ao redor do baricentro do Sistema Solar
- ( ) Variação dos campos magnéticos solares

## 2. Questão (1 ponto)

A energia proveniente do Sol é originada por meio do ciclo p-p, o qual pode ser simplificado para a seguinte reação nuclear:



em que  $H_1^2$  (deutério) e  $H_1^3$  (trítio) são isótopos do hidrogênio,  $He_2^4$  é um átomo de hélio,  $n_0^1$  é um nêutron, e  $\gamma$  representa a energia liberada.

As massas atômicas envolvidas nessa reação são dadas a seguir:

$$> m(H_1^2) \simeq 2,014 \text{ uma}$$

$$> m(He_2^4) \simeq 4,003 \text{ uma}$$

$$> m(H_1^3) \simeq 3,016 \text{ uma}$$

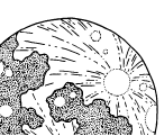
$$> m(n_0^1) \simeq 1,009 \text{ uma}$$

### 2.1. Pergunta (0,4 ponto)

Calcule a taxa de massa perdida ( $t$ ), em porcentagem, usando a reação nuclear dada.

**Dica:**  $t = \left| \frac{m' - m_0}{m_0} \right|$ , em que  $m_0$  e  $m'$  são as massas antes e depois da reação, respectivamente.

**Resposta 2.1):** . . . . .





## 2.2. Pergunta (0,3 ponto)

Considerando que toda a massa do Sol seja composta por isótopos de hidrogênio e que o ciclo p-p é a única reação nuclear que ocorre até tais isótopos se esgotarem, qual será a massa convertida em energia, em  $kg$ ?

**Dados:**  $M_{Sol} \simeq 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

**Resposta 2.2):** . . . . .

## 2.3. Pergunta (0,3 ponto)

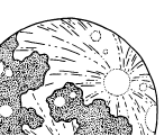
Qual a quantidade de energia gerada pela massa calculada no item anterior?

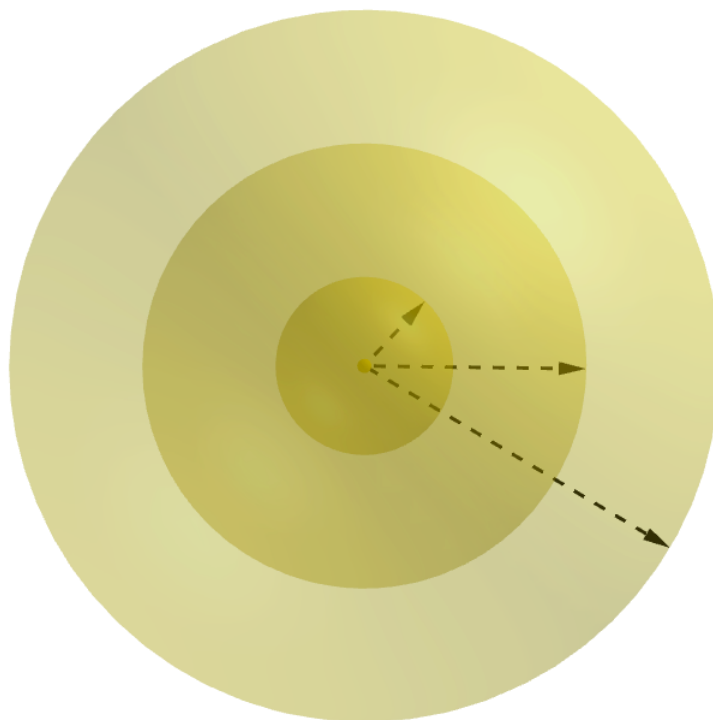
**Dica:**  $E = mc^2$

**Resposta 2.3):** . . . . .

## 3. Questão (1 ponto)

Na Astronomia, os conceitos de Luminosidade e Fluxo são frequentemente usados e, portanto, é importante saber diferenciá-los. Observe o esquema seguinte representando a emissão de energia do Sol:





Como você pode perceber, o “brilho” é reduzido à medida que a distância da fonte luminosa aumenta. Contudo, a energia emitida deve ser a mesma, visto que não se pode perder energia no universo.

Nesse contexto, precisamos fazer duas definições:

1. *Luminosidade*: é a quantidade de energia emitida a cada unidade de tempo (potência) e a sua unidade no S.I. é o watt ( $W = \frac{J}{s}$ )
2. *Fluxo*: é a quantidade de potência recebida a cada unidade de área e a sua unidade no S.I. é watt por metro quadrado ( $\frac{W}{m^2}$ )

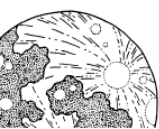
Dito isso, é possível analisar que os melhores termos para “brilho” e “energia emitida” seriam *fluxo* e *luminosidade*, respectivamente. Como já discutimos, a luminosidade deve se manter constante na superfície da esfera luminosa emitida e o fluxo é inversamente proporcional à distância da fonte luminosa. Para encontrarmos uma fórmula que descreva essas quantidades, basta inserirmos a área superficial dessa esfera ( $A = 4\pi r^2$ ):

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

em que  $F$  é o fluxo,  $L$  é a luminosidade, e  $r$  é a distância à fonte (raio da esfera luminosa).

### 3.1. Pergunta (0,5 ponto)

A distância entre a Terra e o Sol é  $1 \text{ UA} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ . Sabendo disso e que  $L_{\text{Sol}} \simeq 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$ , determine o fluxo solar que recebemos.





**Dica:** para facilitar as contas, considere  $\pi \approx 3$

**Resposta 3.1):** . . . . .

### 3.2. Pergunta (0,5 ponto)

O fluxo da estrela Sirius – alfa da constelação Cão Maior – recebido na Terra é  $F_{\text{Sirius}} \simeq 1,2 \cdot 10^{-7} \frac{W}{m^2}$  e a sua luminosidade é  $L_{\text{Sirius}} \simeq 9,7 \cdot 10^{27}$ . Se a Terra estivesse a uma mesma distância do Sol e de Sirius, qual estrela possuiria o maior fluxo?

- ☐ Sol
- ☐ Sirius
- ☐ As duas estrelas teriam o mesmo fluxo
- ☐ Impossível de determinar com as informações passadas

## 4. Questão (1 ponto)

A luminosidade das estrelas depende tanto em seu tamanho quanto em sua temperatura. Nesse sentido, podemos usar a Lei de Stefan-Boltzmann para mostrar matematicamente essa relação:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

em que  $L$  é a luminosidade,  $R$  é o raio,  $T$  é a temperatura, e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma \simeq 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ ).

Mais importante do que memorizar essa equação, é preciso entender que a luminosidade é diretamente proporcional ao raio ao quadrado e à temperatura elevada à quarta potência. Matematicamente, temos:

$$L \propto R^2 T^4$$

Além disso, podemos determinar a cor de uma estrela a partir de sua temperatura (e vice-versa). Para tanto, precisamos utilizar a Lei de Wien:

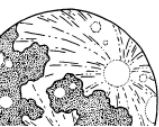
$$\lambda T = b$$

em que  $\lambda$  é o comprimento de onda em que a maior quantidade de energia é emitida pela estrela,  $T$  é a sua temperatura, e  $b$  é a constante de Wien ( $b \simeq 2,90 \cdot 10^{-3} mK$ ).

### 4.1. Pergunta (0,1 ponto)

Se o raio de uma estrela for reduzido pela metade ( $R' = \frac{R_0}{2}$ ) e sua temperatura for multiplicada por 2 ( $T' = 2T_0$ ), o que acontecerá com a luminosidade?

- ☐  $L' = L_0$





☐  $L' = 2L_0$

☐  $L' = \frac{L_0}{2}$

☐  $L' = 4L_0$

☐  $L' = \frac{L_0}{4}$

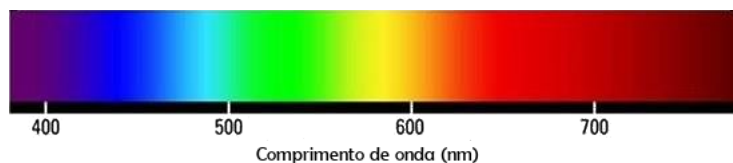
#### 4.2. Pergunta (0,4 ponto)

O raio do Sol é  $R_{Sol} \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m}$  e sua temperatura é  $T_{Sol} \approx 6.000 \text{ K}$ . Sabendo que essas mesmas características da estrela Sírius são  $R_S \approx 1 \cdot 10^9 \text{ m}$  e  $T_S \approx 10.000 \text{ K}$ , encontre a razão  $\frac{L_S}{L_{Sol}}$ . **Resposta 4b):**.....

#### 4.3. Pergunta (0,5 ponto)

Usando as temperaturas  $T_{Sol}$  e  $T_S$  e com a ajuda da tabela seguinte, marque com os números 1 (para o Sol) e 2 (para Sírius) os intervalos de cores mais próximos ao pico de emissão das estrelas.

**Espaço para cálculos:**



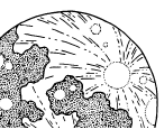
☐ Violeta – Azul

☐ Ciano – Verde

☐ Amarelo – Vermelho

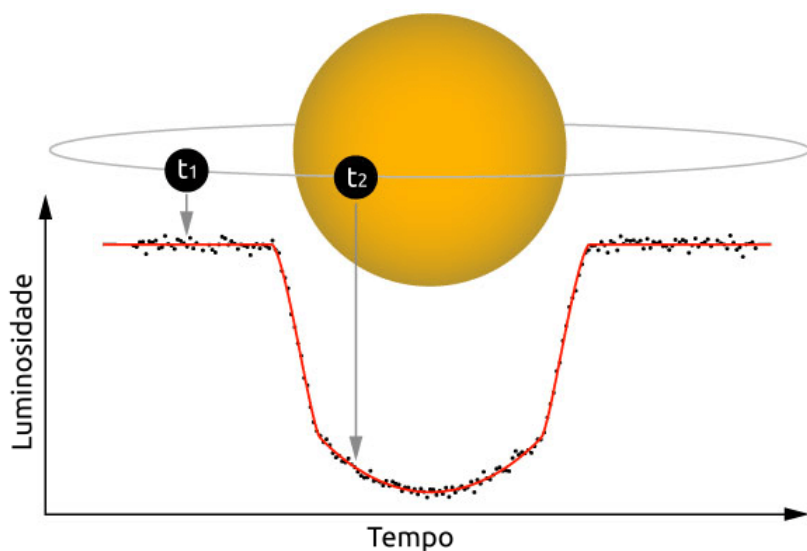
#### 5. Questão (1 ponto)

Exoplanetas podem ser encontrados de 5 formas, mas a maneira mais eficaz até o momento é o *Método de Trânsito*. De maneira simplificada, esse método consiste em detectar a



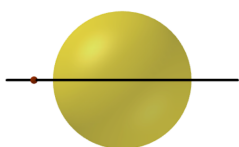


diminuição da luminosidade de uma estrela causada pela passagem do exoplaneta. Para entender melhor como isso acontece, observe o esquema seguinte:

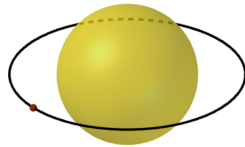


### 5.1. Pergunta (0,5 ponto)

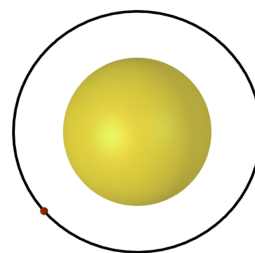
Um problema do *Método de Trânsito* é que a sua eficácia depende da órbita do planeta visualizada. Nesse sentido, marque o(s) exoplaneta(s) abaixo que poderiam ser descobertos por meio desse método.



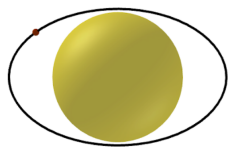
( )



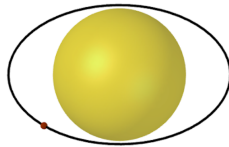
( )



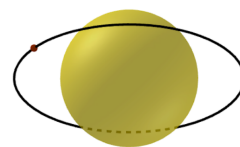
( )



( )



( )

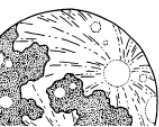


( )

### 5.2. Pergunta (0,5 ponto)

Sabendo que  $R_e$  e  $R_p$  são respectivamente os raios da estrela e do exoplaneta, qual a razão das luminosidades  $L_2$  (medida em  $t_2$ ) e  $L_1$  (medida em  $t_1$ )?

**Dica:** neste caso, podemos considerar que a luminosidade é proporcional à área da seção transversal.





Espaço para cálculos:

$$\left( \quad \right) \frac{L_2}{L_1} = \left( \frac{R_p}{R_e} \right)^2$$

$$\left( \quad \right) \frac{L_2}{L_1} = \frac{R_e^2 - R_p^2}{R_e^2}$$

$$\left( \quad \right) \frac{L_2}{L_1} = \left( \frac{R_e}{R_p} \right)^2$$

$$\left( \quad \right) \frac{L_2}{L_1} = \frac{R_p^2 - R_e^2}{R_p^2}$$

Bons estudos!

