Simulado — 2º Intensivo para a OBA
Gabarito

Material elaborado por **Gabriel Lucena e Iago Mendes**

Observação:

- As alternativas das perguntas deste gabarito não estão na mesma ordem do simulado.

Questões de Astronomia

1. Questão (1 ponto)

Some a pontuação de cada item verdadeiro:

1. Um observador do hemisfério norte e um observador do hemisfério sul observam a mesma fase da Lua, mas com a imagem invertida
2. O lado oculto da Lua nunca recebe energia do Sol
4. Nós sempre observamos exatamente o mesmo lado da Lua
8. A Lua Quarto-Minguante nasce ao meio-dia
16. A Lua Quarto-Crescente se põe à meia noite

- A fase da lua depende majoritariamente da posição da Lua relativa ao Sol, ou seja, independe do hemisfério observado. No entanto, como dois hemisférios são opostos, a imagem vista de cada um é invertida em relação ao outro. **Item 1 é verdadeiro.**
- O lado oculto da lua recebe energia durante a fase nova, visto que está na direção do Sol. **Item 2 é falso**
- Apesar do efeito de "aprisionamento de maré" que o período orbital é equivalente ao período rotacional, existe uma pequena defasagem cíclica chamada libração que permite a visualização de pequenas áreas do lado oculto da lua. **O item 4 false**
- A Lua quarto-minguante está cerca de 18h (270°) depois do Sol. Ou seja, quando a Lua estiver no horizonte, o Sol vai estár 270° antes da Lua, logo, meia-noite. **Item 8 falso**
- Usando o mesmo raciocínio anterior, a Lua Quarto-Crescente está 6h (90°) depois do Sol. Ou seja, no ocaso da Lua, vai ter passado 6h desde o ocaso do Sol, logo, meia-noite. **Item 16 verdadeiro.**
- Logo, a soma dos itens verdadeiros é 17.

( ) 10

(*X*) 17

( ) 18

( ) 20

2. Questão (1 ponto)

Qual dos seguintes anos **NÃO** é um ano bissexto?

- Para um ano ser considerado ano bissexto, deve passar pela verificação na seguinte ordem:
  1) É divisível por 400?
  2) É divisível por 4 e indivisível por 100?
  Se, seguindo a ordem, aparecer qualquer resposta afirmativa, o ano é bissexto. Entre as alternativas, a única que é falso para todas as afirmativas é **2300**.

( ) 1956

( ) 2000

( ) 2280

(*X*) 2300

3. Questão (1 ponto)

Substitua os nomes dos respectivos astrônomos na ordem correta:
1. O modelo geocêntrico que a Terra se encontra no centro do sistema solar foi proposto por **nome 1**.
2. **nome 2** determinou o raio da Terra com medições na cidade de Alexandria e Syene.
3. **nome 3** propôs o modelo heliocêntrico que o Sol está no centro do sistema solar.
4. **nome 4** desenvolveu um catálogo de observações astronômicas mais preciso da época, apesar de apoiar o modelo geocêntrico.

- Essa é uma questão "sabe ou não sabe" a história, por isso é sempre interessante estar ciente da história da astronomia.

( ) Tycho Brahe - Erastóstenes - Copérnico - Ptolomeu

( ) Erastóstenes - Ptolomeu - Copérnico - Tycho Brahe

( ) Copérnico - Ptolomeu - Erastóstenes - Tycho Brahe

(*X*) Ptolomeu - Erastóstenes - Copérnico - Tycho Brahe

4. Questão (1 ponto)

Some a pontuação para cada um dos itens verdadeiros:
1. A estrela mais brilhante do céu noturno está visível
2. A Grande Nebulosa de Órion está no campo de visão da foto
4. A imagem está completamente no hemisfério sul
8. As estrelas Beteulgeuse e Rigel fazem parte da constelação do Órion
16. A estrela Sírius sempre foi a estrela mais brilhante do céu noturno.

- A estrela mais brilhante, Sírius, está visível próximo da extremidade inferior direita. **Item 1 é verdadeiro**
- A Grande Nebulosa de Órion se encontra dentro do asterismo do Órion, que está visível mais próximo do lado superior esquerdo. **Item 2 é verdadeiro**
- O equador passa próximo das estrelas conhecidas como 3 marias, ou seja, parte do hemisfério norte está sendo visto. **O item 4 é falso.**
- Essa pergunta é uma pergunta de conhecimento prévio. **O item 8 é verdadeiro.**
- **O item 16 é falso.** Já foi encontrado relatos do passado mencionando estrelas mais brilhantes que a estrela Sirius.
- A soma dos itens verdadeiros é 11.

( ) 7

(*X*) 11

( ) 18

( ) 20

5. Questão (1 ponto)

A seguir temos algumas relações, some a pontuação de cada uma das relações verdadeiros:

1. A Terra rotaciona do Oeste para o Leste → Sol nasce no Leste e se põe no Oeste.
2. O Sol está no ponto de Áries → O Sol está saindo do hemisfério sul e entrando no hemisfério norte.
4. A órbita lunar possui é uma elipse → Efeito de libração longitudinal
8. A órbita lunar é inclinada em relação à eclíptica → Efeito de libração latitudinal
16. O movimento de precessão → A estrela polar de cada hemisfério nunca mudam

- O movimento do Sol, na verdade, é apenas a mudança de referencial do sistema solar para um observador na Terra. Como a Terra rotaciona de Oeste para Leste, nós vemos os objetos rotacionando a esfera celeste de Leste para Oeste. **Item 1 é verdadeiro.**
- O Sol está no ponto de áries próximo do dia 21 de março. Ou seja, Outono para nós, do hemisfério sul. E o outono significa transição do verão para o inverno. Logo, o Sol está saindo do hemisfério sul e entrando no hemisfério norte. **Item 2 é verdadeiro.**
- Devido à excentricidade a órbita lunar, existe uma pequena defasagem na observação da Lua, nos permitindo observar uma pequena porcentagem do lado oculto, no eixo longitudinal. **O item 4 é verdadeiro**
- Da mesma forma que o item anterior, a inclinação da órbita lunar ocasiona uma pequena defasagem nos permitindo olhar o lado oculto da lua no eixo latitudinal. **O item 8 é verdadeiro.**
- O movimento de precessão rotaciona o eixo polar ao redor do eixo perpendicular à eclipítica. Logo, o polo está variando e sua estrela polar também. **O item 16 é falso.**
- A soma dos itens verdadeiros é 15

( ) 11

(X) 15

( ) 20

( ) 31

6. Questão (1 ponto)

O Sol tem, aproximadamente, o mesmo tamanho angular da Lua. Sabendo que a distância da Terra ao Sol é 388 vezes maior que a distância da Terra à Lua e o raio da Lua vale 1740 km, qual o tamanho do diâmetro do Sol?

- Vamos utilizar a equação do tamanho angular de qualquer objeto:

$$\tan\alpha = \frac{R_{objeto}}{d}$$

- Também vamos utilizar a consideração que o tamanho angular do Sol e da Lua são iguais:

$$\alpha_{Sol} = \alpha_{Lua} \to \tan\alpha_{Sol} = \tan\alpha_{Lua}$$

- Então vamos desenvolver as equações:

$$\frac{R_{sol}}{d_{Terra-Sol}} = \frac{R_{Lua}}{d_{Terra-Lua}}$$
$$R_{Sol} = R_{Lua} \cdot \frac{d_{Terra-Sol}}{d_{Terra-Lua}} R_{sol} = R_{Lua} \cdot 388 = 675120\ km$$

- Como o diâmetro é o dobro do raio, então o diâmetro do Sol equivale:

$$D_{Sol} = 1350240\ km$$

( ) 675120 km

( ) 337560 km

(X) 1350240 km

( ) 4050720 km

7. Questão (1 ponto)

Um satélite geoestacionário é um satélite que possui período orbital igual ao período de rotação da Terra. Calcule a **altura aproximada** da órbita geoestacionária em relação à superfície da Terra. Utilize a terceira lei de Kepler e os seguintes dados:

$$M_{Terra} = 6 \cdot 10^{24}\ kg$$
$$G = 6.67 \cdot 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$$
$$R_{Terra} = 6371\ km$$

- Vamos utilizar a 3ª Lei de Kepler:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM_{Terra}}{4\pi^2}$$

- Sabendo que $T \approx 24\ h$ para a órbita estacionária e a é o semi-eixo maior dessa órbita, vamos susbtituir os valores:

$$\frac{a^3}{(24\ h)^2} = \frac{6.7 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{4\pi^2}\ m^3/s^2$$
$$a \approx 42300 km$$

- Logo, a **altura aproximada** em relação à superfície é, nesse caso, o semi-eixo maior subtraindo o raio da Terra.

$$h = a - R_{Terra}$$
$$h \approx 35900\ km$$

( ) 48680 km

( ) 42300 km

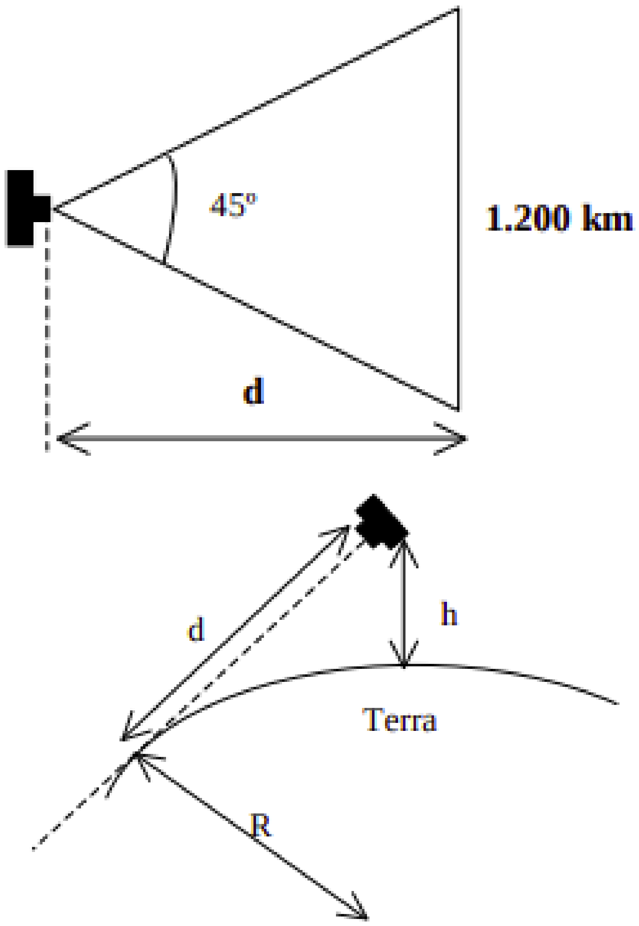
(X) 35900 km

( ) 29500 km

Questões de Astronáutica

8. Questão (1 ponto) [OBA 2008 Adaptada]

Uma empresa privada dos EUA está desenvolvendo um avião espacial (SpaceShipTwo) no qual turistas viajarão ao espaço em um vôo suborbital de 15 a 20 minutos. Durante a fase do vôo fora da atmosfera da Terra os turistas conseguirão ver a Terra da mesma forma que os astronautas a vêem em seus vôos orbitais e da Estação Espacial Internacional. Conforme mostrado na imagem ao lado, obtida do espaço, é possível ver claramente a curvatura da Terra (Aparentemente a Terra não é plana!). Analisando a imagem e usando a geometria e trigonometria que você aprendeu na escola é possível estimar a altitude da qual ela foi tirada. Neste caso, o comprimento estimado para o campo de visão horizontal é de 1.200 km.



a) Com o uso da trigonometria podemos determinar outras informações a partir da imagem. Sabendo-se que o ângulo de visão da câmara fotográfica é de 45 graus na horizontal, determine a distância **d** do astronauta que tirou a foto até o horizonte da Terra.

b) A distância d de um ponto qualquer acima da superfície da Terra até o horizonte é dada por $d = \sqrt{2Rh + h^2}$, onde R é o raio da Terra e h a altura onde foi feita a imagem. Determine a altura h da órbita de onde foi feita a imagem acima. Use a distância d obtida no item anterior. Utilize a calculadora para qualquer cálculo.

- A distância d pode ser calculada utilizando uma composição do triângulo da imagem. Se você desenhar a altura do triângulo em relação ao lado de 1200 km, você terá dois triângulos semelhantes, como se tivesse dividido o triângulo maior em duas partes iguais. Esse triângulo menor é um triângulo retângulo, que você poderá utilizar a relação trigonométrica tangente da seguinte maneira:

$$\tan(\frac{45°}{2}) = \frac{\frac{1200\ km}{2}}{d}$$
$$d = \frac{600\ km}{\tan(22.5°)} = 1500\ km$$

- Utilizando a equação do item b, você obtem uma equação do segundo grau com incógnita h

$$d = \sqrt{2Rh + h^2}$$
$$d^2 = 2Rh + h^2$$
$$0 = 1 \cdot h^2 + 2R \cdot h - d^2$$

- Nesse momento, você pode utilizar a **Equação de Baskhara**. Você encontrará dois valores como resultado de h, porém um dos resultados é negativo. Como estamos falando de **distâncias**, esse resultado é fisicamente impossível, então o outro resultado é nossa resposta.

$$h = 174\ km$$

( ) a. 1500 km e b. 300 km

( ) a. 1200 km e b. 174 km

(X) a. 1500 km e b. 174 km

( ) a. 1200 km e b. 300 km

9. Questão (1 ponto) [OBA 2016 Adaptada]

De uma maneira simplificada um satélite de sensoriamento remoto pode ser entendido como uma "máquina fotográfica" que, do espaço, obtém imagens da Terra. A partir dessas imagens é possível monitorar e medir vários fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, incluindo queimadas e desmatamento. É importante ressaltar, contudo, que a identificação das queimadas é feita a partir da captação da energia emitida pelo material orgânico em chamas, que ocorre, principalmente na faixa de comprimento de ondas entre 3,7µm e 4,1µm (1 µm = 10-6 m) do espectro eletromagnético, conhecida como termal-média. Sabe-se que quanto maior a temperatura da chama, maior é a emissão de energia. O desmatamento, por sua vez, é identificado a partir da radiação solar refletida em uma faixa de comprimento de onda entre 0,4 µm e 3,0 µm. Ao se analisar a radiação solar refletida pelos tipos de superfície nos diversos comprimentos de onda da radiação solar observa-se que a água (rios, lagos e mares) reflete menos energia solar quando comparada ao solo sem cobertura vegetal e ao solo com cobertura vegetal. Além disso, o solo exposto e a vegetação refletem diferentemente em todos os comprimentos de onda, o que permite sua diferenciação. Por se tratarem de fenômenos físicos distintos (emissão e reflexão) o satélite precisa possuir mais de uma câmera imageadora para monitorar o desmatamento e as queimadas. De modo similar a uma máquina fotográfica digital, as imagens obtidas pelos sensores de um satélite são transformadas em píxeis. Cada imagem é composta de milhões de píxeis. O pixel é o menor elemento da imagem, ao qual é possível atribuir uma tonalidade, cujo valor numérico varia entre zero e 255. Um pixel com valor zero significa que ele recebeu quase nenhuma radiação proveniente da superfície terrestre, sendo então representado pela cor preta. No outro extremo o valor 255 corresponde à cor branca e indica que o sensor recebeu a máxima quantidade de radiação da superfície terrestre. Entre zero e 255 há 254 tons de cinza do mais claro ao mais escuro. O normal é uma imagem com píxeis de diversas tonalidades de cinza, da mais clara (tendendo ao branco) à mais escura (tendendo ao negro).

A partir dessas informações, some a pontuação em cada uma das seguintes sentenças:

1. A partir de variações de tonalidade de cinza obtidas nas imagens dos satélites, os cientistas identificam regiões de queimadas e de desmatamento

2. A presença de nuvens não atrapalha a detecção de queimadas e de desmatamento.

4. Uma área queimada, depois do fogo extinto, irá refletir mais radiação solar do que antes, quando havia cobertura vegetal, e por isso, será representada por "píxeis" claros

8. Quanto maior a temperatura da área sendo queimada, mais claros serão os píxeis que representam a imagem dessa área.

16. Muitos píxeis de uma imagem de uma câmera satelital, destinada ao monitoramento de queimadas, apresentam valores numéricos próximos de 255. Isso significa a detecção de uma queimada.

- O **item 1 é verdadeiro**, pois, como explicado no texto, padrões de cores são associados às condições de desmatamento, queimada, vegetação intacta e rios.

- O **item 2 é falso**, pois a presença de nuvens impede que a radiação por emissão e reflexão cheguem à câmera.

- O **item 4 é falso**, pois vai contra a constatação do texto.

- O textbfitem 8 é verdadeiro, pois, como explicado no texto, quanto mais quente as chamas, maior q emissão no espectro termalmédia.

- O **item 16 é verdadeiro**, como dito no item anterior, quanto maior a intensidade das chamas, maior a temperatura e mais claros os píxeis associados a imagem dessa área.

( ) 4

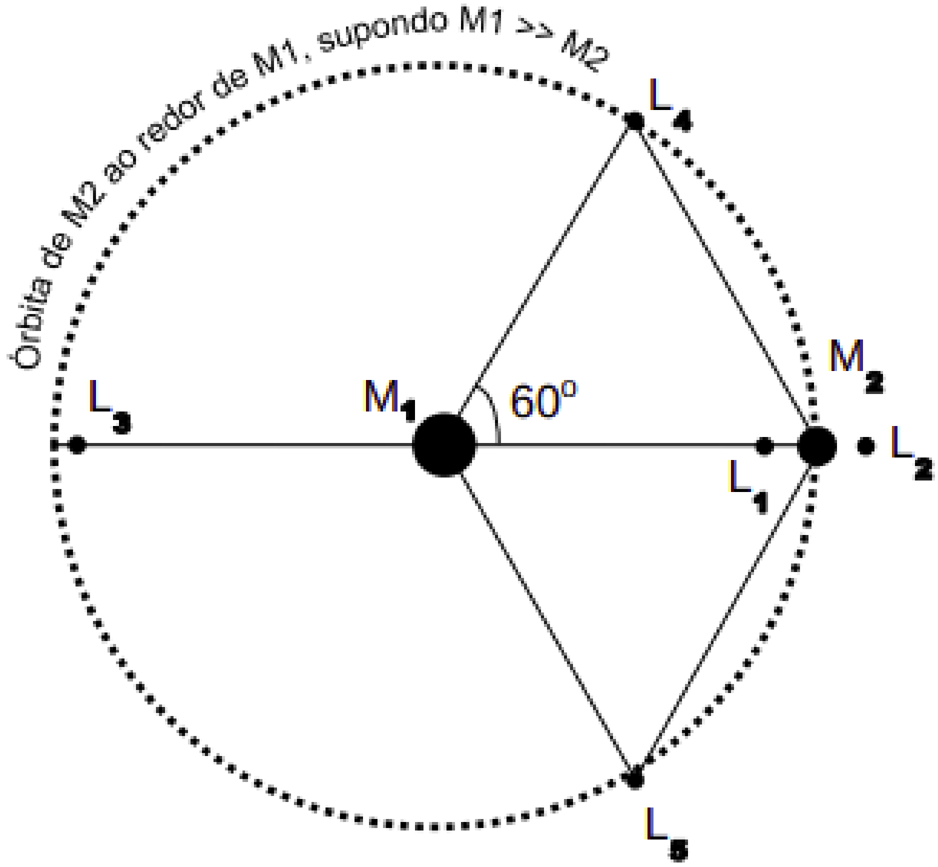
( ) 9

( ) 17

(*X*) 25

10. Questão (1 ponto) [OBA 2018 Adaptada]

Com o desenvolvimento da astronáutica está cada vez mais fácil colocarmos telescópios em órbita. Contudo, alguns, como o SOHO (Solar and Heliospheric Observatory = Observatório Solar e Heliosférico), precisam girar ao redor do Sol no mesmo período que a Terra e ficar entre o Sol e a Terra, pois precisa observar o Sol 24h/dia. Mas pela terceira lei de Kepler , ou seja, quanto menor a distância ao Sol, menor será o período e viceversa. Logo, não seria possível colocar o SOHO e outros satélites para girarem ao redor do Sol, com o mesmo período da Terra estando num lugar diferente da Terra. Mas o italiano JosephLouis de Lagrange, em 1772, descobriu que há cinco pontos, chamados pontos Lagrangianos, num sistema Terra-Sol, ou Terra-Lua, ou Solplaneta, que são “especiais”. O ponto L1 fica na linha Terra-Sol, entre Terra e Sol e um observatório ali colocado move-se com o mesmo período da Terra, tal com faz o SOHO, o qual nunca é eclipsado pela Lua e recebe sempre a mesma irradiação do Sol. Veja a figura ao lado. O ponto L2 fica depois do cone de sombra (umbra) da Terra, será o local de posicionamento do Telescópio Espacial James Webb e terá período de translação igual ao da Terra. Os pontos L4 e L5 ficam sobre a órbita da Terra e são localizados por um triângulo equilátero com aresta igual à distância Terra-Sol.



a) Considere que M1 seja a massa do Sol, M2 a massa da Terra, R a distância Terra-Sol e r a distância da Terra aos pontos Lagrangianos L1 e L2 (são simétricos em relação a M2). Pode-se demonstrar que r é dado por: $r = \sqrt[3]{\frac{M_1}{3M_2}}R = 1.4784 \cdot 10^8\ km$. Sabendo que a distância média à Lua é de 384000 km, calcule quantas vezes r está mais distante que a órbita da Lua.

b) Conforme explicado, a vantagem dos pontos L1, L2 e L3 é que mesmo estando à diferentes distâncias da Terra ao Sol, ainda assim, satélites ali colocados teriam o mesmo período de translação da Terra ao redor do Sol, isto é, 365,25 dias. Qual seria o período de translação de satélites colocados nos pontos Lagrangianos L4 e L5?

- O item a, basta dividir a seguinte razão:

$$\frac{r}{384000\ km} = \frac{1,4784 \cdot 10^8}{384000} = 385$$

- Uma das condições necessárias para o estado estacionário dos pontos de lagrange na órbita relativa aos dois corpos mais massivos, é a necessidade de período orbital equivalente. Logo, o período de tralação de satélites nos pontos de lagrange L4 e L5 é **o mesmo período da Terra**

( ) a) 200 b) Metade do período da Terra

( ) a) 385 b) Metade do período da Terra

( ) a) 200 b) O mesmo período da Terra

(X) a) 385 b) O mesmo período da Terra

Questões Avançadas

11. Questão (1 ponto)

Um fenômeno muito conhecido é o da "laçada de Marte", em que o planeta Marte subitamente muda sua direção de deslocamento no céu, e quando acompanhado por vários dias parece se locomover formando um laço no céu.

11.1. Pergunta (1 ponto)

Quais planetas, além de Marte, reproduzem o mesmo fenômeno de modo que possamos observá-los em uma noite de céu limpo?

- Todos os planetas reproduzem esse fenômeno. Então, a pegadinha da questão é você marcar somente os planetas que são observáveis à noite, excluindo assim os planetas inferiores (Mercúrio e Vênus), os quais estão sempre próximos ao Sol na Esfera Celeste.

( ) Mercúrio

( ) Vênus

(X) Júpiter

(X) Saturno

(X) Urano

(X) Netuno

12. Questão (1 ponto) [USAAAO 2021 adaptada]

O cometa C/2020 F3 (NEOWISE) atingiu o periélio pela última vez em 3 de julho de 2020. O cometa NEOWISE tem um período orbital de ≈ 4.400 anos e sua excentricidade é de $0,99921$.

12.1. Pergunta (1 ponto)

Qual é a distância do periélio do cometa NEOWISE, em UA?

- Usando a 3ª Lei de Kepler com unidades do Sistema Solar (anos, UA e massas solares), nós temos:

$$\frac{T^2}{a^3} = 1 \quad \therefore \quad a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{4400^2} \approx 268,5\ UA$$

- Agora, basta calcular a distância do periélio usando a geometria de elipses:

$$P = a(1-e) = 268,5(1-0,99921) \approx 0.212\ UA$$

( ) $0,0123\ UA$

(X) $0,212\ UA$

( ) $2,69\ UA$

( ) $26,8\ UA$

13. Questão (1 ponto)

Deneb é uma estrela de tipo espectral A2 cuja magnitude aparente na banda V é de 1,25. Certa noite Deneb se divide em 2 novas estrelas com a mesma temperatura da inicial.

Dado:
$\log(2) \approx 0,3$

13.1. Pergunta (1 ponto)

Qual a nova magnitude aparente na banda V do sistema?

- Como o volume de cada uma das novas estrelas deve ser metade de Deneb, temos a seguinte relação entre os raios das novas estrelas (R') e de Deneb (R_0):

$$V' = \frac{V_0}{2} \quad \therefore \quad \frac{4\pi R'^3}{3} = \frac{1}{2}\frac{4\pi R_0^3}{3} \quad \therefore \quad \frac{R'}{R_0} = \sqrt[3]{\frac{1}{2}}$$

- Lembrando que $T' = T_0$, podemos usar a equação de Stefan-Boltzmann para encontrar a razão entre as luminosidades:

$$\frac{L'}{L_0} = \frac{4\pi R'^2 \sigma T'^4}{4\pi R_0^2 \sigma T_0^4} = \left(\frac{R'}{R_0}\right)^2 = 2^{-\frac{2}{3}}$$

- Calculando a razão dos fluxos recebidos, temos:

$$\frac{F'}{F_0} = \frac{2L'}{L_0} = 2 \cdot 2^{-\frac{2}{3}} = \sqrt[3]{2}$$

- Finalmente, usando a relação de Pógson, temos:

$$m' - m_0 = 2,5 \log\left(\frac{F_0}{F'}\right) \quad \therefore \quad m' = 2,5 \log\left(\frac{F_0}{F'}\right) + m_0$$
$$\therefore \quad m' = 2,5 \log\left(2^{-\frac{1}{3}}\right) + 1,25 = -\frac{2,5 \cdot \log(2)}{3} + 1,25$$
$$\therefore \quad m' = -0,25 + 1,25 = 1,0$$

( ) $1,25$

( ) $2,5$

(*X*) $1,0$

( ) $2,0$

14. Questão (1 ponto) [USAAAO 2020 adaptada]

Em abril de 2020, o *Event Horizon Telescope* divulgou a primeira imagem do buraco negro supermassivo da galáxia *M87*. O buraco negro tem um diâmetro de aproximadamente $270\ UA$ e está localizado a uma distância de $16,4\ Mpc$.

14.1. Pergunta (1 ponto)

No comprimento de onda observado de $1,3\ mm$, qual é a linha de base mínima aproximada, ou diâmetro efetivo, necessária para a imagem do buraco negro?

- Calculando a resolução angular necessária para observar o buraco negro de *M87*, temos:
$$\theta = \frac{270\ UA}{16,4\ Mpc} = \frac{270\ UA}{16,4 \cdot 10^6 \cdot 206.265\ UA} \approx 7.98 \cdot 10^{-11}\ rad$$
- Agora, basta usar a equação de resolução angular de telescópios para encontrar o diâmetro efetivo:
$$\theta = 1,22\frac{\lambda}{D} \quad \therefore \quad D = 1,22\frac{\lambda}{\theta} = 1,22\frac{1,3\ mm}{7.98 \cdot 10^{-11}} \approx 2.0 \cdot 10^{10}\ mm = 2.0 \cdot 10^4\ km$$

( ) $2 \cdot 10^3\ km$

(*X*) $2 \cdot 10^4\ km$

( ) $2 \cdot 10^5\ km$

( ) $2 \cdot 10^6\ km$

( ) $2 \cdot 10^7\ km$

15. Questão (1 ponto) [Seletiva OBA Presencial 2016-17 adaptada]

A paralaxe heliocêntrica de Canopus, segundo os dados do satélite Hipparcos, vale $10,42$ milisegundos de arco (mas).

Dado: magnitude aparente de Canopus $= -0,72$

15.1. Pergunta (0,5 ponto)

Utilize essa informação e o módulo da distância para calcular a magnitude absoluta de Canopus.

- Usando a paralaxe, podemos calcular a distância de Canopus:

$$\pi = \frac{1}{r} \quad \therefore \quad r = \frac{1}{\pi} = \frac{1}{10,42 \cdot 10^{-3}} \approx 95,97\,pc$$

- Agora, com o módulo de distância, temos:

$$m - M = 5\log r - 5 \quad \therefore \quad M = 5\log r - 5 - m = 5 \cdot \log(95,97) - 5 - 0.72 \approx -5,63$$

(X) $M = -5,63$

( ) $M = -0,72$

( ) $M = -1,44$

( ) $M = -2,82$

15.2. Pergunta (0,5 ponto)

Aproximadamente, quantas vezes ela é mais luminosa do que o Sol?
Dado: magnitude absoluta do Sol $= +4,80$

- Usando a relação de Pógson com as magnitudes absolutas, temos:

$$M_S - M_C = 2,5\log\left(\frac{L_C}{L_S}\right) \quad \therefore \quad \frac{L_C}{L_S} = 10^{\frac{M_S - M_C}{2,5}}$$

$$\therefore \quad \frac{L_C}{L_S} \approx 1,5 \cdot 10^4 = 15.000$$

(X) $\approx$ 15 mil vezes

( ) $\approx$ 30 mil vezes

( ) $\approx$ 5 mil vezes

( ) $\approx$ 50 mil vezes