

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

1ª PROVA ONLINE DE 8 DE SETEMBRO DE 2019

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2020 -

1) calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

Um corpo do Cinturão de Asteroides (entre o planeta Marte e o planeta Júpiter) encontra-se a uma distância média de 5,33 U.A. (unidades astronômicas).

Quantos anos demora este corpo para dar uma volta completa ao redor do Sol?

Escreva sua resposta com duas casas decimais.

Atenção: escreva o algarismo 0 (zero) se quiser deixar a resposta "Em branco"

Resposta:

Resposta:

Pela Terceira Lei de Kepler, para corpos em órbita do Sol, temos:

$$P^2 = a^3$$

Com P em anos e a em U.A.

Substituindo-se os valores:

$$P = \sqrt{(5,33)^3} \rightarrow P \cong 12,30 \text{ anos}$$

2) múltipla escolha calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

A paralaxe heliocêntrica é usada para medir a distância das estrelas mais próximas. À medida que a Terra gira em torno do Sol, podemos medir a posição de uma estrela em relação às estrelas de fundo quando a Terra está de um lado do Sol, e tornamos a fazer a medida seis meses mais tarde, quando a Terra está do outro lado do Sol. A metade do desvio total na posição da estrela corresponde à *paralaxe heliocêntrica*.

Se o ângulo de paralaxe de uma estrela é de 0,43" (segundos de arco), a que distância ela está de nós, aproximadamente?

Escolha uma:

- a. 1,16 anos luz
- b. Em branco
- c. 1,16 parsecs
- d. 2,33 anos luz
- e. 2,33 parsecs

Resposta: e. 2,33 parsecs

A distância em parsec de uma estrela é o inverso de sua paralaxe medida em segundos de arco.

Portanto:

$$d(\text{parsec}) = \frac{1}{\pi(\text{segundos de arco})}$$

Substituindo-se os valores:

$$d = \frac{1}{0,43} \cong 2,33 \text{ parsecs}$$

3) Se você estivesse no Polo Sul Geográfico da Terra, no dia do Solstício de Verão, você veria o Sol a que altura do horizonte?

Escolha uma:

- a. Em branco
- b. a 0° (no horizonte)
- c. a $23,5^\circ$
- d. a $66,5^\circ$
- e. O Sol estaria abaixo do horizonte

Resposta: c. a $23,5^\circ$

No dia do Solstício de Verão do Hemisfério Sul a declinação do Sol é igual a $-23,5^\circ$ (ou $23,5^\circ$ S). Nos Polos o Equador Celeste está na altura do horizonte. Se o observador está no Polo Sul Geográfico, então o Sol estará a $23,5^\circ$ acima do horizonte.

4) múltipla escolha calculada (o sistema sorteia valores diferentes para cada prova)

Duas estrelas de nêutrons, com massas de 1,66 massas solares e 2,04 massas solares, se fundem dando origem a um buraco negro. Se, em primeira aproximação, nenhuma massa for perdida no processo, qual será o raio do horizonte de eventos do buraco negro resultante?

Considere a massa do Sol $M_{\text{Sol}} = 2,00 \times 10^{30}$ kg

Escolha uma:

- a. 10,97 km
- b. 5,48 km
- c. 32,91 km
- d. 10,04 km
- e. Em branco

Resposta: a. 10,97 km

O horizonte de eventos, popularmente conhecido como ponto de não-retorno, é a fronteira teórica ao redor de um buraco negro a partir da qual a velocidade de escape do buraco negro é igual à velocidade da luz.

Portanto, o raio do horizonte de eventos (r_{he}) de um buraco negro pode ser calculado através da fórmula da velocidade de escape de um corpo celeste, quando esta velocidade de escape é igual à velocidade da luz (c).

$$v_{\text{escape}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \rightarrow r_{he} = \frac{2G(M_1 + M_2)}{c^2}$$

Substituindo-se os valores:

$$r_{he} = \frac{2(6,67 \times 10^{-11})(1,66 + 2,04) \times 2,00 \times 10^{30}}{(3,00 \times 10^8)^2} \rightarrow r_{he} \cong 10,97 \times 10^3 \text{ m}$$

5) múltipla escolha calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

O brilho do disco solar (sua magnitude aparente) é proporcional à área da sua superfície visível. Em 21 de agosto de 2017 aconteceu um eclipse solar total, cuja totalidade atravessou os Estados Unidos de costa a costa.

Imagine que uma pessoa estava num lugar dos Estados Unidos onde o eclipse foi visto parcialmente, e que, durante o máximo do eclipse, a Lua encobriu 32,0% do disco do Sol.

De quanto foi, aproximadamente, a variação da magnitude aparente (Δm) do Sol no momento do máximo do eclipse?

Use a Equação de Pogson para o cálculo e considere que a magnitude aparente do Sol é $m_{Sol} = -26,7$.

Escolha uma:

- a. Em branco
- b. $\Delta m = 1,2$
- c. $\Delta m = 0,4$
- d. $\Delta m = -0,4$
- e. $\Delta m = -1,2$

Resposta: c. $\Delta m = 0,4$

Da Equação de Pogson, temos:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \log\left(\frac{F_2}{F_1}\right)$$

Reescrevendo:

$$m_{eclipse} - m_{Sol} = -2,5 \log\left(\frac{F_{eclipse}}{F_{Sol}}\right)$$

Se a Lua encobriu 32,0 % do disco do Sol, então $100 \% - 32,0 \% = 68,0 \%$ do disco ficaram visíveis.

$$F_{eclipse} = 0,68F_{Sol} \leftrightarrow \frac{F_{eclipse}}{F_{Sol}} = 0,68$$

Substituindo-se os valores:

$$m_{eclipse} - m_{Sol} = -2,5 \log\left(\frac{F_{eclipse}}{F_{Sol}}\right) = -2,5 \log(0,68) \rightarrow \Delta m \cong 0,42 \approx 0,4$$

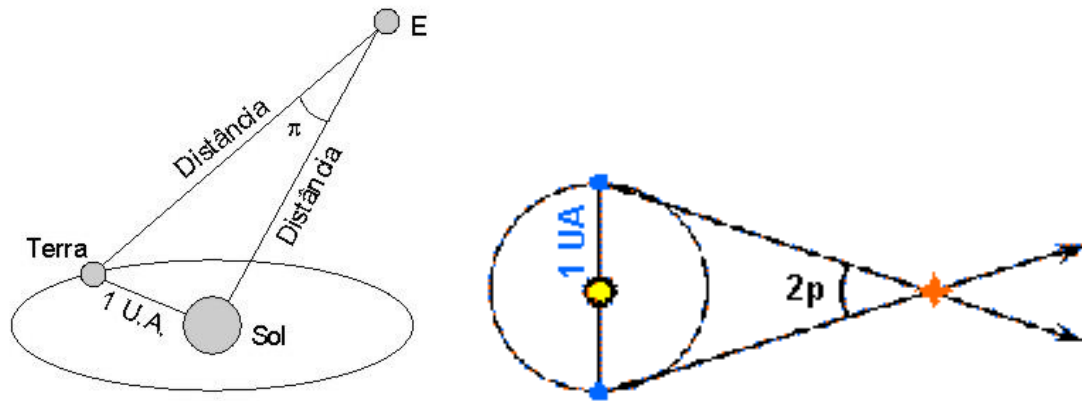
6) múltipla escolha calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

A uma distância de 6,6 parsecs, o tamanho angular da órbita da Terra seria de, aproximadamente

Escolha uma:

- a. 0,30 segundos de arco
- b. 0,15 segundos de arco
- c. 0,30 milissegundos de arco
- d. 0,15 milissegundos de arco
- e. Em branco

Resposta: a. 0,30 segundos de arco



Pela definição, o tamanho angular da órbita da Terra será o dobro do ângulo de paralaxe (π).

$$\text{tamanho angular } 2p = 2 \times \pi = 2 \times \frac{1}{6,6 \text{ parsecs}} \rightarrow 2p \cong 0,30'' (\text{segundos de arco})$$

7) múltipla escolha calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

Suponha que oito galáxias estejam situadas nos vértices de um cubo de aresta 4,2 megaparsecs.

Se o cubo se expande de acordo com a Lei de Hubble–Lemaître, qual é a velocidade de recessão de galáxias situadas em vértices opostos ao longo da diagonal do cubo? (use $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$).

Despreze as velocidades peculiares das galáxias.

Escolha uma:

- a. 415,8 km/s
- b. Em branco
- c. 509,2 km/s
- d. 1018,4 km/s
- e. 831,6 km/s

Resposta: c. 509,2 km/s

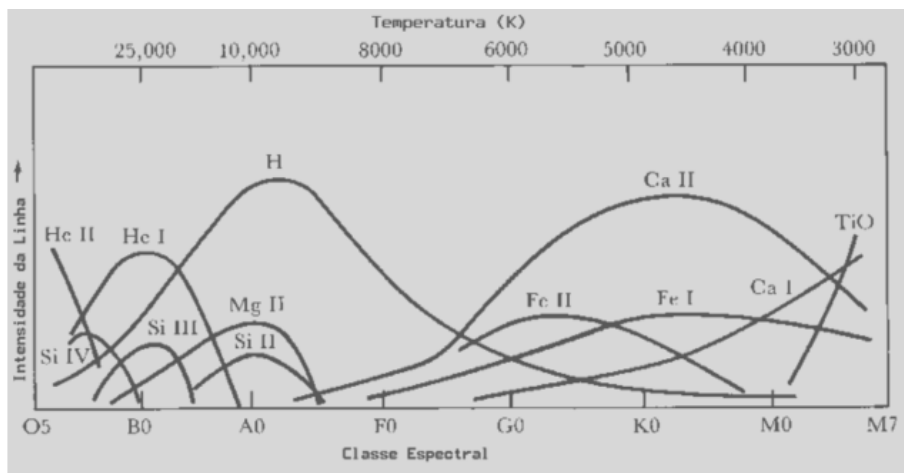
A Lei de Hubble–Lemaître afirma que a velocidade de recessão v é diretamente proporcional à distância d multiplicada pela constante de Hubble–Lemaître H_0

$$v = dH_0$$

A diagonal de um cubo de 4,2 Mpc de lado vale: $4,2\sqrt{3} \text{ Mpc} \cong 7,27 \text{ Mpc}$

A velocidade de recessão, portanto, será: $v = 7,27 \times 70 \cong 509,2 \text{ km/s}$

8) O gráfico a seguir traz a intensidade relativa de algumas linhas espectrais em função da temperatura ou da classe espectral das estrelas.



Pelo gráfico, vemos que as estrelas da classe espectral A apresentam linhas de hidrogênio muito intensas. Já as estrelas de classe espectral M não apresentam linhas de hidrogênio intensas em seu espectro porque

Escolha uma:

- a. possuem pouco hidrogênio
- b. suas atmosferas são muito quentes, e quase todo o hidrogênio está ionizado
- c. as linhas de hidrogênio são ofuscadas pelas linhas de outros elementos
- d. Em branco
- e. suas atmosferas não são muito quentes e quase todo o hidrogênio se encontra no estado fundamental

Resposta: e. suas atmosferas não são muito quentes e quase todo o hidrogênio se encontra no estado fundamental

Na verdade, mais do que a composição química, é a temperatura que determina o espectro das estrelas. Consideremos uma linha de Balmer do hidrogênio. Essas linhas se originam em transições entre o segundo nível de energia do hidrogênio e qualquer outro nível acima dele: transições de nível para cima ($n_2 > 2$) resultam em absorção, transições de nível para baixo ($n_2 = 2$) resultam em emissão. Então, para uma estrela ter linhas de Balmer intensas, ela precisa ter muitos átomos de hidrogênio excitados ao nível $n = 2$. Isso acontece em estrelas com temperatura em torno de 10.000 K.

Para temperaturas muito mais baixas, o hidrogênio está no estado fundamental e poucas colisões podem acontecer que sejam energéticas o suficiente para excitar o hidrogênio.

9) A Constante Solar medida na Terra vale aproximadamente 1360 W/m^2 . O planeta Júpiter está, em média, 5,2 vezes mais afastado do Sol do que a Terra e tem cerca de 11 vezes o raio da Terra.

O valor da Constante Solar em Júpiter vale, aproximadamente

Escolha uma:

- a. 3,7% do valor da Constante Solar na Terra
- b. 11,0% do valor da Constante Solar na Terra
- c. 5,2% do valor da Constante Solar na Terra
- d. o mesmo valor do que na Terra, pois é uma "constante"
- e. Em branco

Resposta: a. 3,7% do valor da Constante Solar na Terra

A Constante Solar é o fluxo de radiação luminosa do Sol recebido aqui na Terra. Tem dimensões de energia por unidade de área e por unidade de tempo. Por exemplo, podemos exprimi-la em $\text{J/m}^2/\text{s}$ ou, simplesmente, W/m^2 . Seu valor, se medido fora da atmosfera da Terra e com um detector perfeito, vale aproximadamente 1360 W/m^2 . Ou seja, uma área de 1 m^2 à distância em que se encontra a Terra do Sol recebe deste último 1360 joules de energia luminosa a cada segundo.

Podemos obter esse valor dividindo a Luminosidade do Sol pela área de uma hipotética esfera centrada no Sol e com o raio igual a 1 Unidade Astronômica.

$$\text{Luminosidade (potência) do Sol} \cong 3,85 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$\text{Área da esfera} = 4\pi(1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2 \cong 2,83 \times 10^{23} \text{ m}^2$$

$$\frac{3,85 \times 10^{26} \text{ W}}{2,83 \times 10^{23} \text{ m}^2} \cong 1360 \text{ W/m}^2$$

O valor da Constante Solar é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Portanto, a 5,2 U.A. de distância, a Constante Solar medida em Júpiter será $1/5,2^2 \cong 0,037 \cong 3,7\%$ da Constante Solar medida na Terra.

10) Com o auxílio de um planisfério, um estudante sabia que no dia 2 de maio a Constelação do Cruzeiro do Sul ficaria "em pé" às 22h, próxima ao horizonte, como mostra a figura.



O que podemos afirmar sobre onde este estudante se encontra?

Escolha uma:

- a. que ele está em algum lugar sobre a Linha do Equador
- b. Em branco
- c. que ele está em algum lugar do Hemisfério Sul
- d. nada podemos afirmar sobre onde ele se encontra
- e. que ele está em algum lugar do Hemisfério Norte

Resposta: e. que ele está em algum lugar do Hemisfério Norte

O Polo Celeste Sul se encontra num ponto que fica na direção do corpo (maior braço) da cruz e a uma distância de aproximadamente 4,5 vezes o tamanho do corpo a partir do pé da cruz. Como a Constelação está "em pé", próxima ao horizonte, o Polo Celeste Sul encontra-se abaixo do horizonte. Como é o Polo Celeste Norte que está acima do horizonte, o estudante está no Hemisfério Norte.

11) Luminosidade é potência luminosa emitida pela estrela em todas as direções. Estrelas, em geral, são aproximadamente isotrópicas, ou seja, emitem igualmente para todas as direções. A luminosidade é uma grandeza intrínseca das estrelas, que não depende da distância delas até nós.

O Diagrama de Hertzsprung-Russell, conhecido como diagrama HR, traz a relação existente entre a luminosidade de uma estrela e sua temperatura efetiva.

Comparado a outras estrelas do diagrama HR, as estrelas gigantes vermelhas possuem este nome porque são

Escolha uma:

- a. mais jovens
- b. menos luminosas
- c. Em branco
- d. menos quentes
- e. mais densas

Resposta: d. menos quentes

Estrelas apresentam um amplo domínio de cores, que refletem a temperatura em suas atmosferas em concordância com Lei de Wien. Estrelas azuis são as mais quentes, as vermelhas as mais “frias”.

12) Comparado com um espectro feito em um observatório em solo, o espectro de uma estrela observada acima da atmosfera terrestre mostra

Escolha uma:

- a. Em branco
- b. menos linhas de absorção
- c. mais linhas de absorção
- d. ausência de linhas de absorção
- e. menos linhas de emissão

Resposta: b. menos linhas de absorção

A atmosfera da Terra interfere no espectro da estrela absorvendo, também, em alguns comprimentos de onda.

13) Sabemos que ao longo do ano o céu vai mudando de aspecto, e que algumas constelações e planetas só podem ser vistos em algumas épocas do ano.

Pensando nisso, responda: para um observador que está situado no Brasil, em que época do ano ele poderá ver o planeta Vênus à meia-noite?

Escolha uma:

- a. Em branco
- b. em 25 de dezembro
- c. no Solstício de Inverno
- d. nunca
- e. no Solstício de Verão

Resposta: d. nunca

Elongação é a distância angular vista da Terra entre o Sol e um astro. No caso de um planeta interior esse ângulo jamais atinge 180° . A elongação máxima de Vênus é de 41° , portanto ele está sempre perto do Sol.

Se Vênus estiver a oeste do Sol, ele será observado perto do horizonte Leste antes do nascer do Sol. Se estiver a leste, será observado perto do horizonte Oeste logo após o pôr do Sol.

OBSERVAÇÃO: Esta resposta não é verdadeira para todo observador do Hemisfério Sul, pois em latitudes inferiores a -70° , é possível, em determinados anos, que Vênus possa ser visto à meia-noite no dia do Solstício de Verão.

14) O processo de crescimento de uma galáxia é regulado pela taxa de conversão de gás em estrelas.

Considere uma galáxia que está formando estrelas a uma taxa de aproximadamente $5,0 \times 10^{30}$ kg por ano e contém cerca de 10^9 massas solares de gás na sua constituição.

Assumindo, em primeira aproximação, que a taxa se mantenha constante ao longo de todo o processo, estime quanto tempo demora para converter todo o gás existente em estrelas.

Considere a massa do Sol $M_{\text{Sol}} = 2,0 \times 10^{30}$ kg.

Escolha uma:

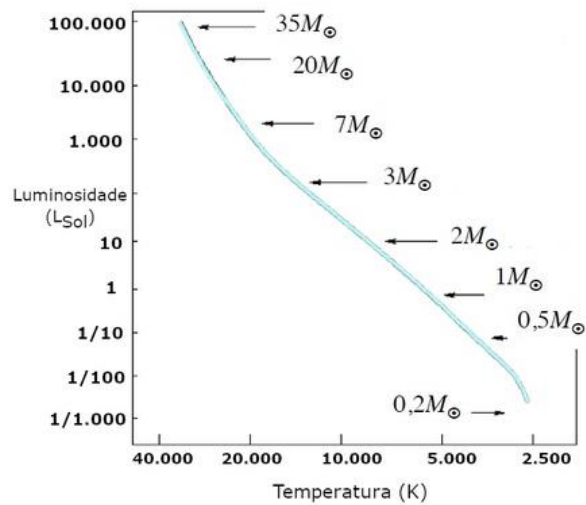
- a. Impossível de se estimar
- b. Em branco
- c. $2,0 \times 10^6$ anos
- d. $4,0 \times 10^8$ anos
- e. $2,5 \times 10^9$ anos

Resposta: d. $4,0 \times 10^8$ anos

$$\text{tempo} = \frac{\text{massa total de gás}}{\text{taxa de formação estelar}}$$

$$\text{tempo} = \frac{10^9 \times 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}}{5,0 \times 10^{30} \text{ kg/ano}} = \frac{2,0}{5,0} \times 10^9 \text{ anos} = 4,0 \times 10^8 \text{ anos}$$

15) A figura a seguir traz o Diagrama de Hertzsprung-Russell, conhecido como diagrama HR, apenas para as estrelas da Sequência Principal (SP), representada pela linha azulada. Podemos ver, ilustrado graficamente, a relação entre três propriedades fundamentais de uma estrela: sua Luminosidade L (em termos de luminosidades solares), sua Temperatura efetiva T e sua Massa M (em termos de massas solares).



Baseado no gráfico, analise as afirmações a seguir e marque a opção correta:

- I - Para as estrelas da SP, a luminosidade depende da massa;
- II - Para as estrelas da SP, massa e temperatura são grandezas independentes;
- III - Para as estrelas da SP, a luminosidade depende da temperatura;
- IV - Uma estrela da SP com 3 vezes a massa do Sol é cerca de 100 vezes mais luminosa do que ele.

Escolha uma:

- a. Apenas a afirmação II não é verdadeira
- b. Nenhuma das afirmações é verdadeira
- c. Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras
- d. Todas as afirmações são verdadeiras
- e. Em branco

Resposta: Apenas a afirmação II não é verdadeira

Vemos pelo gráfico que na SP que quanto mais massa tem a estrela, maior será a sua temperatura.

16) Um corpo hipotético do Sistema Solar tem período sideral igual ao seu período sinódico com respeito à Terra.

Assinale a alternativa que, corretamente, contém o valor do período sideral deste corpo.

Escolha uma:

- a. 4 anos
- b. 1 ano
- c. 1/2 ano
- d. Em branco

e. 2 anos

Resposta: e. 2 anos

O Período sideral (P) é o período real de translação do planeta em torno do Sol, em relação a uma estrela fixa.

O Período sinódico (S) é o intervalo de tempo decorrido entre duas configurações iguais consecutivas. É o período de revolução aparente do planeta, em relação à Terra.

Seja

S = período sinódico, P_i = período sideral da órbita interna e P_e = período sideral da órbita externa

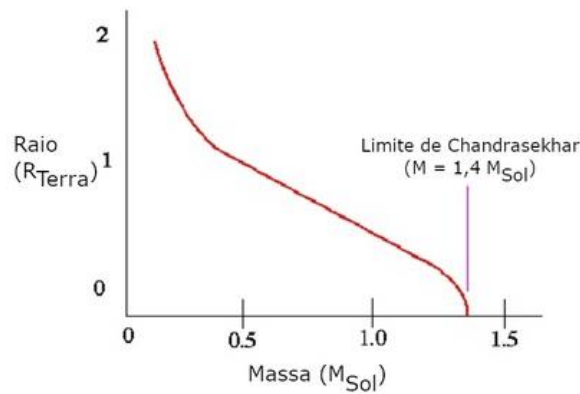
Então,

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_i} - \frac{1}{P_e}$$

Substituindo-se o período sideral da órbita externa pelo período sinódico (condição imposta pelo problema), teremos:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_i} - \frac{1}{P_e} \rightarrow \frac{1}{S} = \frac{1}{P_{Terra}} - \frac{1}{S} \rightarrow \frac{1}{S} + \frac{1}{S} = \frac{1}{P_{Terra}} \rightarrow S = 2P_{Terra} = 2 \text{ anos}$$

17) No gráfico abaixo vemos a relação teórica entre a massa (em termos de massas solares) e o raio (em termos de raios terrestres) das anãs brancas.



Baseado no gráfico, analise as seguintes afirmações e marque a opção verdadeira:

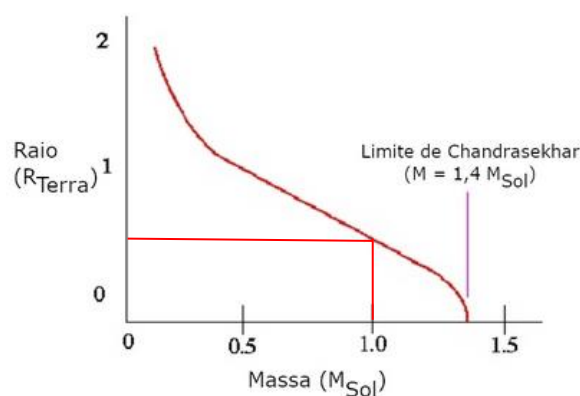
- I - Anãs Brancas com massas iguais ao do Sol são menores do que a Terra;
- II - Se por acreção uma Anã Branca ganhar massa, ela diminuirá de tamanho;
- III - Só podemos ter Anãs Brancas com até 1,4 massa solar.

Escolha uma:

- a. Todas as afirmações são verdadeiras
- b. As afirmações I e III são verdadeiras
- c. Em branco
- d. Apenas a afirmação I é verdadeira
- e. Apenas a afirmação III é verdadeira

Resposta: a. Todas as afirmações são verdadeiras

I - verdadeiro



II – verdadeiro

O gráfico mostra que no caso das Anãs Brancas, massa e raio são inversamente proporcionais.

III – verdadeiro

O gráfico mostra que não existem Anãs Brancas além do Limite de Chandrasekhar.

18) A maior luneta do Brasil é a grande Equatorial de 46 cm, que fica no Observatório Nacional/MCTIC, no Rio de Janeiro/RJ e que tem este nome porque sua lente objetiva tem aproximadamente este diâmetro.

Considerando que a Lua apresenta um diâmetro angular de cerca de $0,5^\circ$, qual será o diâmetro aproximado da imagem da Lua no plano focal deste instrumento?

Considere que esta luneta tem razão focal $f/14,1$.

Escolha uma:

- a. Em branco
- b. 2,3 cm
- c. 5,7 mm
- d. 5,7 cm
- e. 7,0 cm

Resposta: d. 5,7 cm

O tamanho L da imagem da Lua no plano focal do instrumento será $L = f\theta$, onde f é a distância focal da Luneta e θ é o diâmetro angular da Lua, expresso em radianos.

$$\theta = \frac{30' \times \pi}{180^\circ \times 60'} \cong 8,73 \times 10^{-3} rad$$

A razão focal é $f/14,1$, então sua distância focal será:

$$f/D = 14,1 \rightarrow f = 14,1 \times 46 \text{ cm} \cong 6,5 \text{ m}$$

$$L = 6,5 \text{ m} \times 8,73 \times 10^{-3} rad \cong 5,67 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 5,7 \text{ cm}$$

19) Que tipo de telescópio é mais adequado para se estudar o interior das nuvens de poeira interestelar?

Escolha uma:

- a. radiotelescópio
- b. telescópio espacial ultravioleta
- c. telescópio óptico de grande abertura
- d. Em branco
- e. telescópio espacial de raios gama

Resposta: a. radiotelescópio

Os grãos de poeira (silicatos, etc.) interferem na passagem da luz proveniente das estrelas. Quanto maiores as concentrações de poeira, maior será o efeito de extinção (absorção ou espalhamento) da luz.

A Extinção da luz será tanto maior quanto menor for o comprimento de onda λ .

Portanto, as Regiões com poeira interestelar são:

- Transparentes para ondas de rádio e infravermelho, cujo comprimento de onda $\lambda_{\text{rádio}}$ e λ_{IV} são muito maiores do que o tamanho do grão de poeira
- Opacas para os comprimentos de onda do visível, cujo comprimento de onda é comparável ao tamanho do grão de poeira e aos comprimentos de onda do UV, raio X e raios gama, cujos comprimentos de onda são bem menores do que o tamanho do grão de poeira.

20) O vento solar carrega material para o espaço interplanetário a uma taxa de cerca de 2 milhões de toneladas por segundo.

Nesse ritmo, quanto tempo leva, aproximadamente, para o vento solar carregar para o espaço uma massa equivalente à da Lua?

Considere a massa da Lua $m_{\text{Lua}} = 7,4 \times 10^{22}$ kg.

Escolha uma:

- a. cerca de 1 milhão de anos
- b. Em branco
- c. cerca de 2 milhões de anos
- d. cerca de 1 bilhão de anos
- e. cerca de 100 mil anos

Resposta: a. cerca de 1 milhão de anos

$$\text{tempo} = \frac{\text{massa da Lua}}{\text{taxa}} = \frac{7,4 \times 10^{22} \text{ kg}}{2,0 \times 10^9 \text{ kg/s}} = 3,7 \times 10^{13} \text{ s}$$

Convertendo segundos em anos:

$$t = 3,7 \times 10^{13} \text{ s} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ ano}}{365 \text{ dias}} \cong 1,2 \times 10^6 \text{ anos} \approx 1 \text{ milhão de anos}$$