



Ana Luz Damasceno & Breno de C. -
Projeto Olímpicos
Seletivas IOAA/OLAA
Cosmologia e Propriedades Estelares

OC-3
Ensino
Fundamental e
Médio
9° ano - 3° EM

Tempo: 2 horas

25 de junho de 2021

Pontuação total: 20

Instruções gerais:

I. Este simulado deverá ter duração de 2 horas, contendo 20 questões objetivas, separadas da seguinte forma:

- 10 questões referentes à Cosmologia;
- 10 questões referentes à Propriedades Estelares.

II. O uso de calculadoras científicas **não programáveis** é permitido.

III. Se necessário e, a menos que indicado ao contrário, use a tabela de constantes disponibilizada no nosso [site](#).

IV. Este simulado foi feito pensando no aprendizado do estudante, portanto não tenha medo de pesquisar algum conceito na internet ou em algum livro! Encontre um método eficiente para aproveitar ao máximo essas questões!

V. Encontre um local silencioso, onde você consiga se concentrar para realizar o simulado, sem interrupções. Lembre-se, também, de simular o seu local de prova, separando os materiais necessários, assim como algo para comer e beber. Faça suas necessidades físicas antes de começá-lo. Nós, do Projeto Olímpicos, desejamos-te um ótimo simulado! Desfrute-o!

Cosmologia

Problema 1. Em uma noite de céu aberto e bastante estrelado, Jambo decide estrear o seu novo telescópio da melhor forma possível: observando galáxias. Mas uma galáxia, especificamente, chamou muito a sua atenção devido ao seu nome peculiar: Vacuum Cleaner Galaxy, ou Galáxia do Aspirador de Pó. O curioso garoto reuniu algumas informações acerca de tal galáxia, partindo do fato de que está a cerca de 84 milhões de anos-luz de nós. Faça como Jambo e, a partir da informação dada e das fórmulas abaixo, calcule a velocidade com a qual a galáxia está se afastando do observador e o seu redshift (z).

$$v = H_0 \cdot d \qquad z = \frac{v}{c}$$

- 5695 km/s e 0,0189
- 1747 km/s e 0,0058
- 1747 km/s e 0,0028
- 5695 km/s e 0,0060



e) 4662 km/s e 0,0067

Problema 2. Estime a idade do universo utilizando a constante de Hubble.

Dica: $1 \text{ pc} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$

- a) 6,78 bilhões de anos
- b) 978 milhões de anos
- c) 14,3 milhões de anos
- d) 11,7 bilhões de anos
- e) 14,4 bilhões de anos

Problema 3. Nosso querido astrônomo Jambo descobriu uma nova estrela e decidiu nomeá-la de Banjo-0021, em homenagem a um velho amigo. Estudando as propriedades dessa estrela, ele percebe que ela está se afastando a uma velocidade de 6988 km/s. Sabendo disso, ajude Jambo a descobrir qual é o comprimento de onda medido para uma faixa que, em laboratório, vale 686 nm.

Dica: use $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$

- a) 670 nm
- b) 718 nm
- c) 708 nm
- d) 667 nm
- e) 702 nm

Problema 4. O Sol gira em torno do centro da Via Láctea a uma velocidade de aproximadamente 220 km/s. Tomando sua órbita como circular, calcule a massa da Via Láctea.

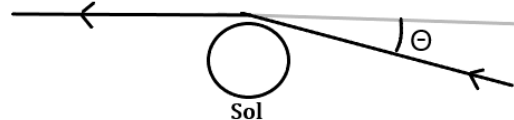
- a) $6,9 \cdot 10^{40} \text{ kg}$
- b) $3,1 \cdot 10^{41} \text{ kg}$
- c) $9,2 \cdot 10^{40} \text{ kg}$
- d) $8,7 \cdot 10^{35} \text{ kg}$
- e) $1,9 \cdot 10^{41} \text{ kg}$

Problema 5. Após um longo dia de operações em seu laboratório, Nat decide relaxar observando as estrelas. Porém, ela é surpreendida: nota o sinal de algo que parece uma tentativa de comunicação alienígena, e percebe que está vindo da Galáxia de Vren-2XS. Os Vrenonautas, como são chamados os habitantes dessa galáxia, lhe informam que, estudando a nossa Via Láctea, concluíram que ela parecia possuir um redshift de 2,16 ($z=2,16$). Calcule quanto tempo foi gasto desde o envio dessa mensagem (enviada por meio de ondas eletromagnéticas) até que Nat pudesse detectá-la.

Dica: Para $z > 0,1$ temos que o redshift é dado por $\frac{v}{c} = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1}$

- a) 11,8 bilhões de anos
- b) 13,2 milhões de anos
- c) 24,1 bilhões de anos
- d) 1,23 bilhões de anos
- e) 67,4 milhões de anos

Problema 6. A Teoria da Relatividade Geral foi um dos mais importantes feitos do último século. A base dessa Teoria é a descrição da gravidade como uma curvatura no espaço-tempo, causada pela presença de massas. Um dos fenômenos previstos por ela é a deflexão dos raios luminosos por campos gravitacionais, o qual está representado na figura abaixo.



Sabendo que o ângulo de deflexão θ é dado por:

$$\theta = \frac{4GM}{c^2 R}$$

Calcule o ângulo de deflexão produzido pelo Sol.

- a) 6,45''
- b) 2,58''
- c) 8,96''
- d) 1,75''
- e) 0,53''

Problema 7. Qual é a principal ideia prevista pela lei de Hubble?

- a) Um universo estático.
- b) A expansão do universo.
- c) Qual será o fim do universo.
- d) A Via Láctea em um local privilegiado no universo.
- e) A forma do universo.

Problema 8. Buracos negros não são eternos. Segundo o grandíssimo cientista inglês Stephen Hawking, “os efeitos gravitacionais quânticos são geralmente ignorados nos cálculos da formação



e evolução dos buracos negros“. A justificativa para isso é que o raio de curvatura do espaço-tempo fora do horizonte de eventos é muito grande em comparação com o comprimento de Planck, a escala de comprimento na qual as flutuações quânticas do espera-se que as métricas sejam de unidade de ordem. Isso significa que a densidade de energia das partículas criadas pelo campo gravitacional é pequena em comparação com a curvatura do espaço-tempo. Mesmo que os efeitos quânticos possam ser pequenos localmente, eles ainda podem, no entanto, se somar para produzir um efeito significativo ao longo da vida do Universo, que é muito longo em comparação com o tempo de Planck. O objetivo desta carta é mostrar que este realmente pode ser o caso: parece que qualquer buraco negro criará e emitirá partículas como neutrinos ou fótons exatamente na taxa que se esperaria. Como um buraco negro emite essa radiação térmica, seria de esperar que ele perdesse massa. Isso, por sua vez, aumentaria a gravidade da superfície e, assim, aumentaria a taxa de emissão”.

O tempo de dissipação de um buraco negro de Schwarzschild, isto é, estático, é dado pela seguinte equação:

$$t_{ev} = \frac{5120\pi G^2 M^3}{\hbar c^4}$$

Qual seria uma possível unidade para t_{ev} ?

- a) Newtons
- b) Parsecs
- c) Minutos de arco
- d) Lunações
- e) Janskys

Problema 9. Por meio de observações astronômicas, Edwin Hubble percebeu que a velocidade de afastamento de uma galáxia é diretamente proporcional à sua distância. Logo, calcule a que distância uma galáxia deveria estar de nós para que a percebêssemos se afastando à velocidade da luz.

- a) $2,7 \cdot 10^9$ pc
- b) $8,6 \cdot 10^8$ pc
- c) $3,9 \cdot 10^6$ pc
- d) $4,4 \cdot 10^9$ pc
- e) $9,2 \cdot 10^{12}$ m

Problema 10. A Galáxia de Andrômeda é a galáxia espiral mais próxima da Via Láctea, estando a uma distância de cerca de 2,5 milhões de anos-luz da Terra. Todavia, diferentemente de galáxias mais distantes, Andrômeda não está se afastando de nós, mas sim se aproximando a uma velocidade de cerca de 280 km/s, de forma que um dia colidirá com a Via Láctea. Por que isso acontece?

- a) Porque essa galáxia possui um comportamento diferente, o qual ainda não foi explicado.
- b) Porque duas galáxias espirais se atraem muito fortemente.
- c) Porque ambas fazem parte de um mesmo grupo de galáxias, o Grupo Local.
- d) Porque a matéria escura entre as duas gera esse fenômeno.
- e) Porque são duas galáxias excessivamente massivas.



Propriedades Estelares

Problema 11. Sabendo que uma estrela de nêutrons de massa igual à massa do Sol possui um raio de aproximadamente 15 quilômetros, calcule a sua densidade.

- a) $7,2 \cdot 10^{20} \text{ kg/m}^3$
- b) $5,9 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$
- c) $1,4 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$
- d) $2,1 \cdot 10^{21} \text{ kg/m}^3$
- e) $3,3 \cdot 10^{21} \text{ kg/m}^3$

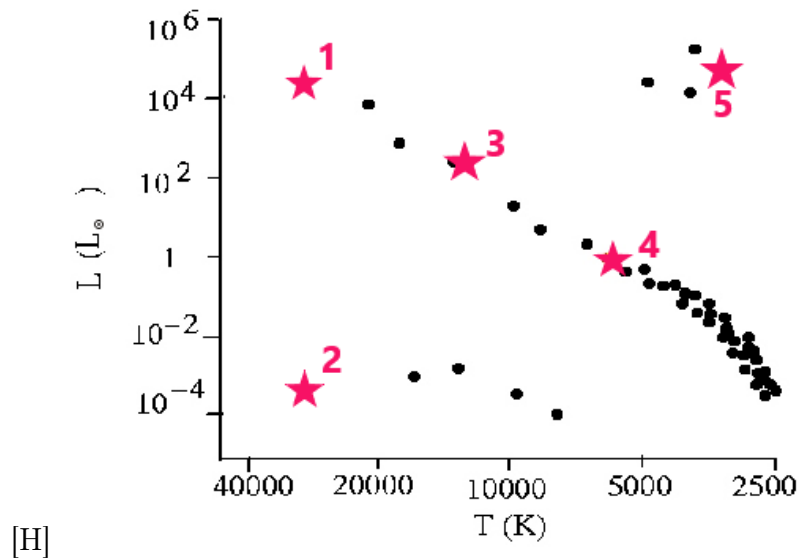
Problema 12. O brilho característico das estrelas advém da produção de energia por meio das reações de fusão nuclear que ocorrem em seus interiores. Enquanto estão na sequência principal, na qual passam a maior parte de suas vidas, as estrelas produzem energia principalmente por meio da fusão de 4 átomos de hidrogênios em um átomo de hélio, em que 0,7% da massa é convertida em energia. Com essas informações em mãos, Martinha decide planejar uma viagem até a estrela Procyon, na constelação do Cão Menor, a fim de encontrar com a sua família. Sabendo que a sua nave viaja a uma velocidade de 3500 km/s e que Procyon encontra-se a uma distância de 11,5 anos-luz e possui uma luminosidade de $6,9L_{\odot}$, descubra quanto de energia a estrela emitirá durante a viagem de Martinha.

- a) $8,2 \cdot 10^{37} \text{ J}$
- b) $1,2 \cdot 10^{37} \text{ J}$
- c) $7,1 \cdot 10^{36} \text{ J}$
- d) $1,0 \cdot 10^{36} \text{ J}$
- e) $2,5 \cdot 10^{38} \text{ J}$

Problema 13. O que ocorrerá no fim da vida de uma estrela como o Sol?

- a) Devido ao seu tempo de vida absurdamente grande, não podemos saber com certeza.
- b) Ela explode em uma supernova.
- c) Forma-se uma anã branca.
- d) Surge uma nova estrela.
- e) É formada uma estrela de nêutrons.

Problema 14. Analise as estrelas no Diagrama HR abaixo.



- I. As estrelas 1 e 2 possuem aproximadamente o mesmo raio.
- II. A estrela 4 é semelhante ao Sol.
- III. A estrela 5 é uma supergigante vermelha.
- IV. A estrela 5 é mais jovem que a estrela 4.
- V. A estrela 2 possui coloração alaranjada.

Sobre as afirmações acima temos que:

- a) I e II são verdadeiras.
- b) Todas são falsas.
- c) II, III e V são verdadeiras.
- d) II, III e IV são verdadeiras.
- e) I, IV e V são falsas.

Problema 15. O planeta J-Z098 orbita a estrela Calops-C33 a uma distância de 3 UA. Sabendo que Calops-C33 possui um raio igual a $2,7R_{\odot}$ e uma temperatura de 8900 K, calcule o fluxo que chega até o planeta.

- a) $7,9 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$
- b) $4,8 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$
- c) $1,9 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$
- d) $2,0 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$
- e) $6,2 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$

Problema 16. Uma estrela, na maior parte de sua vida, passa fundindo hidrogênio em hélio. Essa estadia, é chamada de Sequência Principal, e abriga a maioria das estrelas existentes no universo observável. O tempo de vida de uma estrela na Sequência Principal é dada por

$$\Delta t = \frac{0,07\% \cdot Mc^2}{L}$$



Sendo a luminosidade e massa da estrela, respectivamente, L e M .

Baseando-se nas informações fornecidas pelo enunciado, calcule o tempo que o Sol permanece na sequência principal.

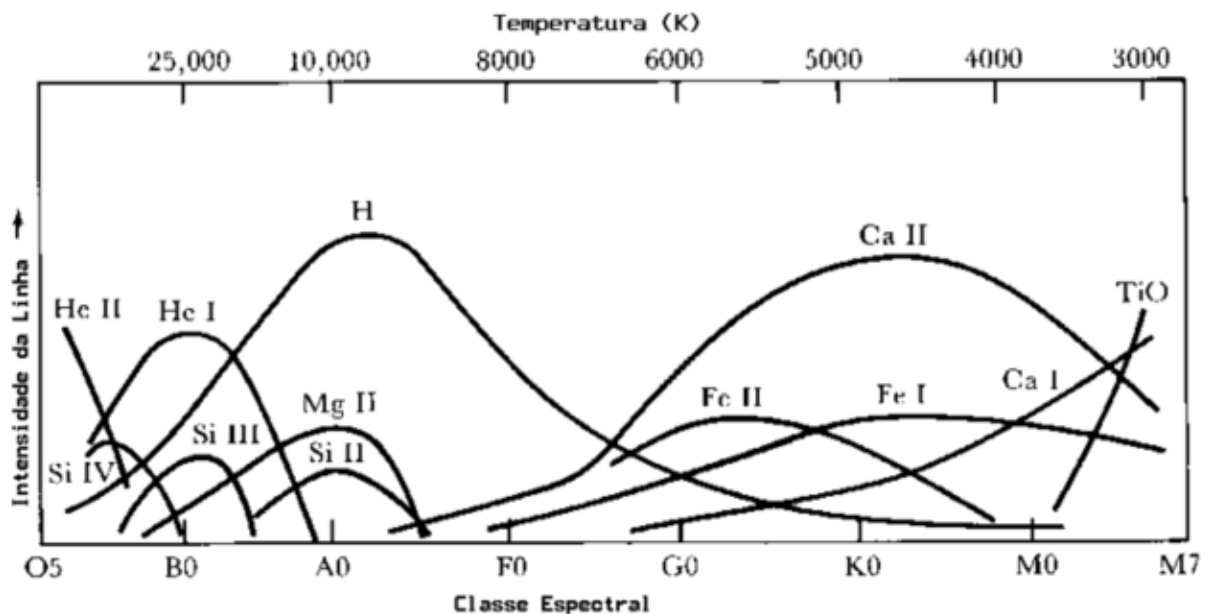
- a) 10 milhões de anos
- b) 10 bilhões de anos
- c) 100 milhões de anos
- d) 100 bilhões de anos
- e) 1 trilhão de anos

Problema 17. Sabendo que uma estrela emite radiação principalmente na faixa de comprimento de onda igual a 450 nm, calcule qual é o fluxo emitido por ela, dado que as leis de Wien e de Stefan-Boltzmann são, respectivamente:

$$\lambda = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \qquad F = \sigma \cdot T^4$$

- a) $1,2 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2$
- b) $6,3 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$
- c) $7,5 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$
- d) $9,8 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$
- e) $8,2 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$

Problema 18. As estrelas são divididas em sete classes, determinadas principalmente a partir das propriedades do seu espectro, que são: O, B, A, F, G, K e M.





A partir da figura acima, analise as afirmativas abaixo e responda.

- I. As estrelas dos tipos G, K e M quase não possuem hidrogênio em sua composição.
- II. As estrelas mais quentes são do tipo O.
- III. O espectro de gigantes vermelhas geralmente apresenta linhas de cálcio.
- IV. O Sol é uma estrela de tipo G.
- V. Não possuímos estrelas do tipo O na Via Láctea.

- a) I e IV são verdadeiras.
- b) Apenas V é falsa.
- c) I, II e IV são verdadeiras.
- d) II, III e IV são verdadeiras.
- e) I e III são falsas.

Problema 19. Sobre aglomerados estelares, assinale a alternativa incorreta:

- a) Aglomerados abertos geralmente possuem estrelas jovens.
- b) Os aglomerados surgem em regiões densas, de gás e poeira.
- c) Os aglomerados globulares tendem a colapsar, causando supernovas.
- d) Aglomerados globulares são formados por estrelas com idades da ordem de 10 bilhões de anos.
- e) M45, ou as Plêiades, na constelação de Touro, é um exemplo de aglomerado aberto.

Problema 20. Canopus é uma das estrelas mais brilhantes do nosso céu noturno, a qual se encontra na constelação da Quilha. Sabendo que essa estrela possui uma temperatura efetiva de cerca de 7000K, calcule a energia dos fótons emitidos por ela, sabendo que a energia do fóton é dada por:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

- a) $4,8 \cdot 10^{49}$ J
- b) $2,1 \cdot 10^{48}$ J
- c) $1,6 \cdot 10^{49}$ J
- d) $4,3 \cdot 10^{49}$ J
- e) $1,1 \cdot 10^{50}$ J