

## 5<sup>as</sup> Olimpíadas Nacionais de Astronomia

Prova da eliminatória regional

14 de Abril de 2009 – 15:00

Duração máxima – 120 minutos

**Nota:** Ler atentamente todas as questões.

Existe uma tabela com dados no final da prova.

- 
1. O estudo observacional do Universo é feito, fundamentalmente, através da análise da radiação que nos chega dos objectos de estudo. Ordena as seguintes regiões do espectro electromagnético por ordem crescente de comprimento de onda:

- a) Infra-vermelho
- b) Raios-X
- c) Radio
- d) Ultra-violeta

**R: b) d) a) c)**

2. O ano-luz (AL) é uma unidade particularmente útil em Astronomia. Escolhe as duas igualdades correctas:

- a) 1 AL =  $3.16 \times 10^7$  segundos
- b) 1 AL =  $9.46 \times 10^{15}$  metros
- c) 1 AL =  $3.85 \times 10^{26}$  Watts
- d) 1 AL = 0.31 parsecs

**R: b) e d)**

3. Qual o evento que determina a transição entre a fase de formação de uma estrela como o Sol e a fase 'adulta' (fase na sequência principal)?

- a) esgotamento da matéria à disposição da estrela na nuvem molecular onde esta se forma
- b) início da fusão de hidrogénio na estrela
- c) dispersão do gás devido à formação de planetas

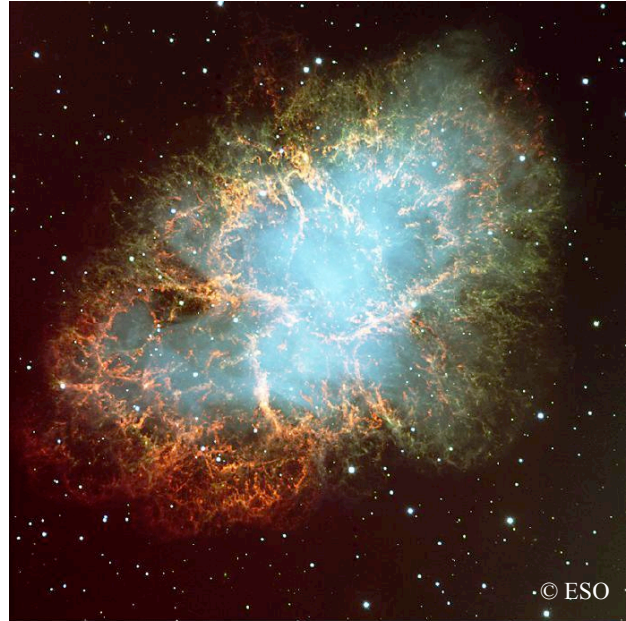
- d) destruição da nuvem, devido à passagem de uma onda de choque de uma supernova

**R: b)**

4. O que representa a nebulosa de Caranguejo na figura?

- a) Nebulosa Planetária
- b) Galáxia
- c) Nuvem molecular
- d) Supernova

**R: d)**



1.5

5. Um dos métodos com mais sucesso na descoberta dos planetas extra-solares é o método da velocidade radial que consegue medir pequenas oscilações da estrela devidas às perturbações gravíticas dos planetas que a orbitam. De que características do sistema (estrela-planeta) depende a aplicabilidade deste método?

- a) massa da estrela e a distância do planeta à estrela
- b) massa do planeta e a distância do planeta à estrela
- c) massa da estrela e massa do planeta
- d) massa da estrela, massa do planeta e a distância do planeta à estrela

**R: d)**

6. A terceira lei de Kepler para descrever o movimento dos planetas em torno do Sol diz-nos que o quadrado do período orbital ( $P$ ) de um planeta é proporcional ao cubo do semi-eixo maior ( $a$ ) da sua órbita. Com as descobertas posteriores de Newton sobre a força da gravidade, podemos transformar a terceira lei de Kepler por forma a incluir o efeito da massa ( $M$ ) da estrela. Assim, para qualquer sistema planetário:

$$a^3 \propto MP^2$$

1.5

2.5

Sabendo que Titã se encontra a uma distância de 1,222,000 km de Saturno e tem um período orbital de 16 dias, calcula a massa de Saturno. (Sugestão: usa os dados relativos à Terra e ao Sol para os cálculos auxiliares.)

**R: As leis de Kepler podem aplicar-se tanto a um sistema do tipo estrela-planeta como a um do tipo planeta-satélite. Logo, podemos definir duas relações**

$$\begin{aligned}a_{Tita}^3 &\propto M_{Saturno} \cdot P_{Tita}^2 \\ a_{Terra}^3 &\propto M_{Sol} \cdot P_{Terra}^2\end{aligned}$$

**Dividindo uma pela outra temos**

$$\left(\frac{a_{Tita}}{a_{Terra}}\right)^3 = \frac{M_{Saturno}}{M_{Sol}} \left(\frac{P_{Tita}}{P_{Terra}}\right)^2$$

**ou,**

$$M_{Saturno} = \left(\frac{a_{Tita}}{a_{Terra}}\right)^3 \left(\frac{P_{Terra}}{P_{Tita}}\right)^2 \cdot M_{Sol}$$

**Usando os dados do enunciado e da tabela obtemos  $M_{Saturno} = 5.62 \times 10^{26} \text{ kg}$ .**

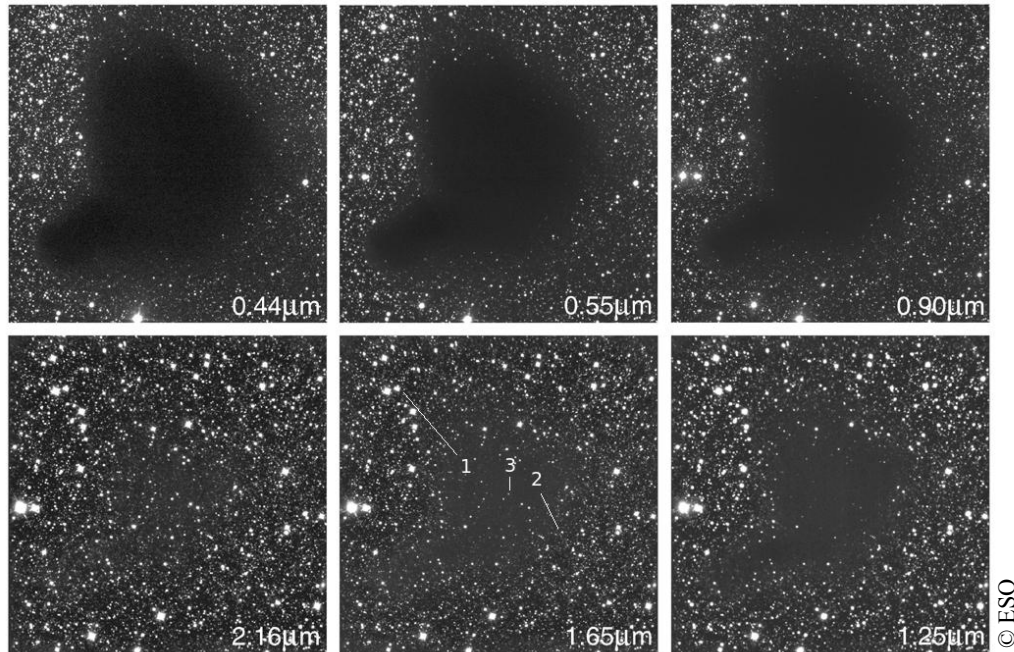
7. O método mais comum para medir as distâncias a que se encontram as estrelas mais próximas do sistema solar é a paralaxe. Este método baseia-se na variação da posição aparente das estrelas no céu devido ao movimento da Terra em torno do Sol. Sabendo que a Terra se encontra a 1 UA do Sol e Neptuno está, em média, a 30 UA, refere e justifica as vantagens e/ou desvantagens de um observador em Neptuno medir a distância das estrelas através da paralaxe, quando comparado com outro que o faz na Terra.

2.0

**R: Uma vez que Neptuno está muito mais distante do Sol, a variação da posição aparente de uma estrela, à medida que Neptuno vai descrevendo a sua órbita, é muito superior à variação da posição da mesma estrela observada na Terra. Isto permite determinar a distância a estrelas mais longínquas, e com mais precisão do que na Terra. A desvantagem é que demoraria muito tempo a fazê-lo. Para obter a precisão máxima, seria necessário fazer duas observações separadas por metade do período do planeta. Na Terra, isso equivale a 6 meses. Pela terceira lei de Kepler, podemos determinar que o período da órbita de Neptuno corresponde a 164 anos, pelo que a precisão máxima na determinação das distâncias seria obtida com observações separadas por 82 anos!**

8. Barnard 68, na figura abaixo, é uma nuvem molecular que se encontra a uma distância de 125 pc. Inicialmente, acreditava-se que esta nuvem era estável, mas estudos recentes sugerem que ela pode estar já numa fase inicial de colapso, que acabará por resultar na formação de uma estrela. As poeiras que existem na nuvem absorvem a luz proveniente das estrelas que estão atrás, sendo a absorção tanto mais eficiente quanto maior é o comprimento de onda da radiação, pelo que a nuvem é progressivamente mais transparente na sequência de imagens. Em astronomia chama-se “cor” à diferença de brilho entre dois comprimentos de onda.

4.0



Imagens de Barnard 68 tiradas em comprimentos de onda diferentes. Da esquerda para a direita, as 3 de cima correspondem aos filtros B,V,Z (no visível), e as de baixo aos filtros K,H,J (no infravermelho)

- 8.1. A estabilidade da nuvem depende do equilíbrio entre forças que se opõem. Quais são?

1.0

**R: Gravidade vs. pressão do gás.**

- 8.2. O que podes dizer sobre a distribuição de densidade da nuvem a partir das imagens?

0.5

**R: A densidade decresce do centro para a periferia da nuvem.**

- 8.3. A cor ( $H - K$ ) define-se como a diferença entre a magnitude de uma estrela no filtro  $H$  e a sua magnitude no filtro  $K$ . A tabela seguinte mostra a cor ( $H - K$ ) observada para as estrelas 1, 2 e 3 identificadas na figura. Estas estrelas são idênticas e estão à distância de 500 pc, ou seja, por trás da nuvem. Usando os dados da tabela, e tendo em conta a dis-

2.5

tribuição de densidade da nuvem e a posição das estrelas, faz corresponder as estrelas A, B e C da tabela às estrelas 1, 2 e 3 na figura. Justifica a tua escolha.

NOTA: A magnitude de uma estrela decresce com o aumento do seu brilho.

Estrela	(H-K) <sub>obs</sub>
A	0.7
B	2.1
C	0.3

**R: A-2, B-3, C-1.**

Uma vez que as estrelas são idênticas, na ausência da nuvem as cores (H-K) observadas seriam iguais. Os diferentes valores apresentados na tabela devem-se, portanto, à forma como diferentes regiões da nuvem absorvem a luz das estrelas. Comparando as imagens dos filtros H e K, é possível verificar que no centro há uma maior variação de brilho e até mesmo algumas estrelas que apenas se tornam visíveis na imagem do filtro K. A variação de brilho das estrelas entre as duas imagens vai sendo cada vez menor à medida que nos afastamos do centro da nuvem. Isto deve-se à distribuição de densidade da nuvem. Assim, as estrelas com maior cor (H-K) estarão por trás do centro da nuvem, enquanto as que têm menor cor estarão nas direcções da periferia.

9. A velocidade de escape à superfície de um corpo A é a velocidade mínima que um corpo B, que se encontre nessa superfície, deverá ter de forma a conseguir libertar-se do campo gravitacional de A. Isto é equivalente a afirmar que, à velocidade de escape, a energia cinética do objecto B iguala a sua energia potencial gravitacional.

4.0

9.1. Sendo  $M$  a massa do corpo A,  $m$  a massa do corpo B,  $G$  a constante gravitacional, e  $R$  o raio da superfície de A, a velocidade de escape ( $v_s$ ) para este sistema é dada por:

1.5

a)  $v_s = \sqrt{2GM/R}$

b)  $v_s = \sqrt{2Gm/R}$

c)  $v_s = 2GM/R$

**R: a)**

9.2. Nos buracos negros pode-se definir uma superfície, a que chamamos o horizonte de acontecimentos, que corresponde à distância  $R_S$  onde a velocidade de escape é igual à velocidade da luz.  $R_S$  denomina-se raio de Schwarzschild. Escreve a expressão para  $R_S$ .

1.0

**R:  $R_S = 2GM/c^2$**

9.3. Imagina que o Sol colapsava sobre si mesmo, e se tornava num buraco negro. Nessa situação qual seria o seu raio de Schwarzschild?

0.5

**R: Cerca de 3 km.**

9.4. Considerando o resultado anterior, qual seria o impacto imediato na Terra se o Sol se tornasse num buraco negro de massa equivalente à do Sol?

1.0

**R: Nenhum.**

**Fim da prova**

**Tabela de dados:**

Velocidade da luz (vazio):  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

Constante gravitacional:  $G = 6.672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

Massa do Sol:  $M_{\odot} = 1.98 \times 10^{30} \text{ kg}$

Raio do Sol:  $R_{\odot} = 6.96 \times 10^8 \text{ m}$

Luminosidade do Sol:  $L_{\odot} = 3.846 \times 10^{26} \text{ W}$

Temperatura superficial do Sol:  $T_{\text{eff}} = 5780 \text{ K}$

Constante de Stefan-Boltzmann:  $\sigma = 5.67032 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

Distância média da Terra ao Sol: 149 600 000 km

**Conversão de unidades:**

Unidade Astronómica (UA):  $1 \text{ UA} = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$

1 parsec (pc) =  $3.086 \times 10^{16} \text{ m}$