



4^{as} Olimpíadas Nacionais de Astronomia

Prova da eliminatória regional

15 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. Para cada uma das alíneas seguintes, copie para a folha de teste a resposta correcta sem efectuar cálculos.

1.1. O sistema solar formou-se há cerca de:

- a) $4,7 \times 10^6$ anos;
- b) $4,7 \times 10^7$ anos;
- c) $4,7 \times 10^9$ anos;
- d) $4,7 \times 10^{10}$ anos.

1.2. A resolução de um telescópio (capacidade de individualizar duas estrelas muito próximas) é determinada:

- a) pela sua distância focal;
- b) pela sua abertura;
- c) pelo tipo de montagem;
- d) pela sua magnificação.

1.3. Um eclipse de Lua só pode ocorrer se:

- a) estiver Lua Nova;
- b) estiver Lua Cheia;
- c) a Lua estiver em Quarto Crescente;
- d) a Lua estiver em Quarto Minguante.

1.4. Sabemos hoje que o Universo se encontra em expansão. Isso acontece porque:

- a) as galáxias se estão a afastar a uma velocidade tanto maior, quanto maior é a distância a que se encontram;
- b) as galáxias se estão a aproximar a uma velocidade tanto maior, quanto maior é a distância a que se encontram;
- c) as galáxias se estão a afastar a uma velocidade tanto maior, quanto menor é a distância a que se encontram;
- d) as galáxias se estão a aproximar a uma velocidade tanto maior, quanto menor é a distância a que se encontram;

2. O ano de 2009 foi declarado pela UNESCO como sendo o Ano Internacional da Astronomia, por ser considerado que comemora os 400 anos do nascimento da ciência como nós a conhecemos. Indique o que aconteceu em 1609 que justifique esta distinção.

3. Os movimentos orbitais dos planetas apenas foram correctamente compreendidos a partir do trabalho de Johannes Kepler para os planetas do sistema solar, trabalho esse que foi possível mais tarde generalizar para sistemas de satélites orbitando planetas, estrelas múltiplas e sistemas extrassolares, por exemplo.

3.a Qual a forma da órbita de um planeta definida pela primeira lei de Kepler e em que ponto se encontra o Sol, no caso do sistema solar, de acordo com a forma como a lei foi originalmente enunciada por Kepler?

3.b As quatro principais luas de Júpiter foram descobertas por Galileu em 1610, recebendo por isso a designação de satélites galileanos, um dos factos que foi determinante na derrocada das concepções filosóficas associadas ao geocentrismo. A terceira lei de Kepler generalizada determina a proporcionalidade directa entre o cubo do raio orbital e o quadrado do período da órbita.

Sabendo que uma das luas de Júpiter, Io, tem um raio orbital de $4,216 \times 10^5$ m e um período orbital de 1 dia 18 horas e 27,6 minutos, calcule o raio da órbita de Calisto em torno Júpiter considerando que o seu período orbital é de 16 dias 16 horas e 32,2 minutos. Utilize apenas os dados fornecidos no enunciado da questão.

4. A estrela *Proxima Centauri*, localizada na constelação de Centauro, é a estrela mais próxima do Sol. Descoberta em 1915, é uma anã vermelha de classe espectral M5V, cuja luminosidade é cerca de $0,0017 L_{\text{sol}}$ e que se encontra a uma distância de 1,3 parsec.

4.a Estime o mínimo de tempo, em anos, que seria necessário para um humano da Terra chegar a *Proxima Centauri*, supondo que a nave com a tripulação se movimenta a uma velocidade média de 30 kms^{-1} (no percurso mais curto).

4.b Determine em que ponto do percurso, ou seja a que distância da Terra, os brilhos do Sol e de *Proxima Centauri* seriam iguais para os tripulantes da nave.

[Sugestão: O brilho de uma estrela é o fluxo observado e é directamente proporcional à energia emitida pela estrela e inversamente proporcional ao quadrado da distância]

5. Sabe-se que no centro de todas as galáxias existe um buraco negro – um objecto em que a energia gravitacional é tão forte que nada, nem mesmo a luz, consegue escapar.

A velocidade de escape à superfície de qualquer corpo é definida como a velocidade que um objecto teria que ter para escapar ao campo gravitacional desse corpo:

$$v = \sqrt{\frac{2 M G}{r}}$$

Num buraco negro, define-se o raio de Schwarzschild como a superfície onde a velocidade de escape é igual a velocidade da luz.



Figura 1

A partir de observações astronómicas, na galáxia Sombrero (Figura 1) medimos a massa do buraco negro – $10^9 M_{\text{solar}}$ – e a velocidade de escape – $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$.

- 5.a** Calcule o raio de Schwarzschild para este buraco negro.
- 5.b** Relacione o raio de Schwarzschild dum buraco negro com a afirmação: “Num buraco negro, a energia gravitacional é tão forte que nada, nem mesmo a luz, consegue escapar”.
- 5.c** Calcule a velocidade de escape da superfície do Sol, com base nos valores do seu raio e da sua massa.
- 5.d** Se toda a massa do buraco negro se convertesse em energia, qual seria essa energia? Use a equivalência de massa e energia de Albert Einstein, $E=mc^2$
- 6.** O Sol, que dista cerca de 8 kpc do centro da Via Láctea, possui uma velocidade de rotação em torno do centro da Galáxia de aproximadamente 220 km s^{-1} . Já uma estrela a 15 kpc do centro da Via Láctea percorre a sua órbita com velocidade 250 km s^{-1} .
- 6.a** Mostre que a razão entre a massa da Galáxia interior à órbita do Sol e a massa da Galáxia interior à órbita da estrela referida é cerca de 0,4.
- 6.b** A razão de massas referida na alínea anterior contradiz a razão entre as luminosidades da Galáxia interiores às órbitas referidas, dado que se observa que apenas 20% de toda a luminosidade da Galáxia reside nas regiões exteriores a 8 kpc. Qual é a solução que actualmente se considera mais plausível para justificar esta discrepância? (escolha apenas 1 resposta das seguintes alternativas)
- b.1)** O facto de as estrelas mais exteriores da Galáxia serem muito menos luminosas, nomeadamente que o Sol;
- b.2)** O facto de haver muita poeira no disco da Galáxia que obscurece a radiação emitida pelas estrelas mais distantes;
- b.3)** A existência de uma componente de massa na Galáxia que não irradia nem interage com a radiação, não sendo por isso directamente observável;
- b.4)** As regiões mais exteriores da Galáxia serem predominantemente povoadas por buracos negros e estrelas de neutrões e conterem muito pouco gás.

7. Em 1929, Edwin Powell Hubble e o seu assistente Milton Humason publicaram o famoso gráfico que mostra a velocidade de afastamento (ou recessão) das galáxias (determinada pelas observações de Vesto Slipher) em função da distância a que se encontram (Figura 2). Este resultado consistiu na primeira constatação observacional da expansão do Universo.

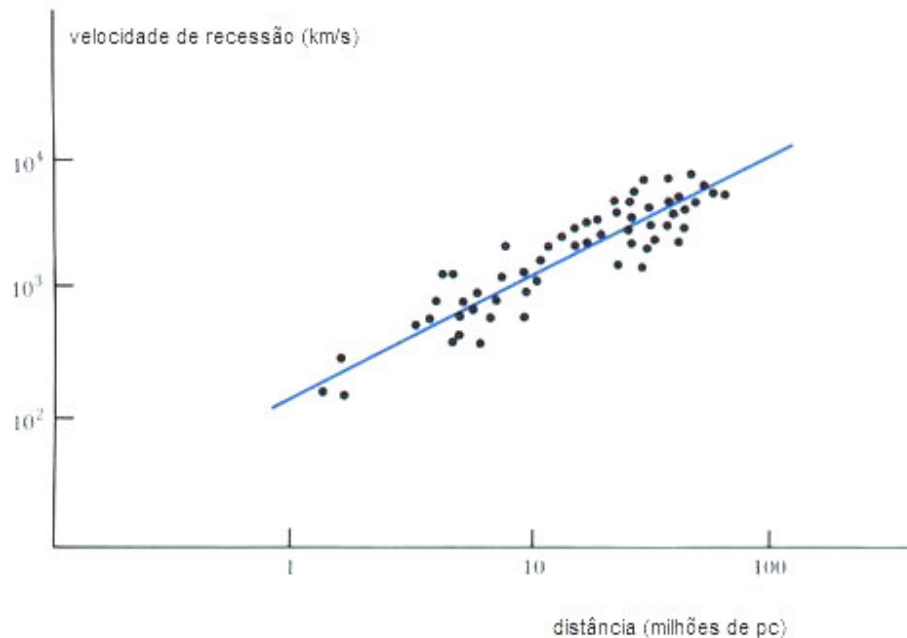


Figura 2

7.a Usando os dados da tabela seguinte, derive um valor médio para a constante de Hubble (declive da recta no gráfico anterior), que é um parâmetro cosmológico que quantifica a taxa de expansão do Universo.

galáxia	distância (Mpc*)	velocidade de recessão (kms ⁻¹)
galáxia central do enxame Abell 85	214,1	16507
galáxia mais brilhante do enxame de Coma Berenices	95,1	6925

*nota: 1 Mpc = 10^6 pc

7.b O espectro de emissão da galáxia central do enxame Abell 85 revela, entre outras, uma risca de emissão que é identificada como sendo $H\alpha$, ou seja, uma das riscas da série de Balmer do Hidrogénio cujo comprimento de onda laboratorial é $6562,8 \text{ \AA}$. Dada a velocidade de recessão desta galáxia, em que comprimento de onda é, de facto, observada esta risca?

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: $M = 1,98 \times 10^{30} \text{ kg}$

Raio do Sol: $R = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$

Luminosidade do Sol: $L_{\text{Sol}} = 3,846 \times 10^{26} \text{ W}$

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

Conversão de unidades:

Unidade Astronómica (UA): $1 \text{ UA} = 1,49 \times 10^{11} \text{ m}$

1 parsec (pc) = $3,086 \times 10^{16} \text{ m}$