15^{as} Olimpíadas Nacionais de Astronomia

Prova da eliminatória regional

26 de maio de 2021

15:00 (Continente e Madeira) / 14:00 (Açores)

Duração máxima – 120 minutos

Notas: Leia atentamente todas as questões. As 5 primeiras perguntas são de escolha múltipla. Existe uma tabela com dados e informações úteis no final do enunciado.
Todas as respostas devem ser dadas na folha de prova sendo devidamente assinadas.

---

1) Como se chama a fronteira onde termina o vento solar e começa o espaço interestelar?

a) Heliopausa

b) Cinturão solar

c) Helioesfera

d) Coroa solar

R: a)

2) Em termos aproximados, qual é a composição do balanço de energia do Universo?

a) Matéria Normal - 5%, Matéria Escura - 27%, Energia Escura - 68%

b) Matéria Normal - 9%, Matéria Escura - 32%, Energia Escura - 69%

c) Matéria Normal - 1%, Matéria Escura - 27%, Energia Escura - 72%

d) Matéria Normal - 2%, Matéria Escura - 35%, Energia Escura - 63%

R: a)

3) Duas estrelas de neutrões, com massas 1,66 $M_{\odot}$ e 2,04 $M_{\odot}$, fundem-se 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? Considera $M_{\odot}= 2\times10^{30}$ kg.

a) 10,04 km

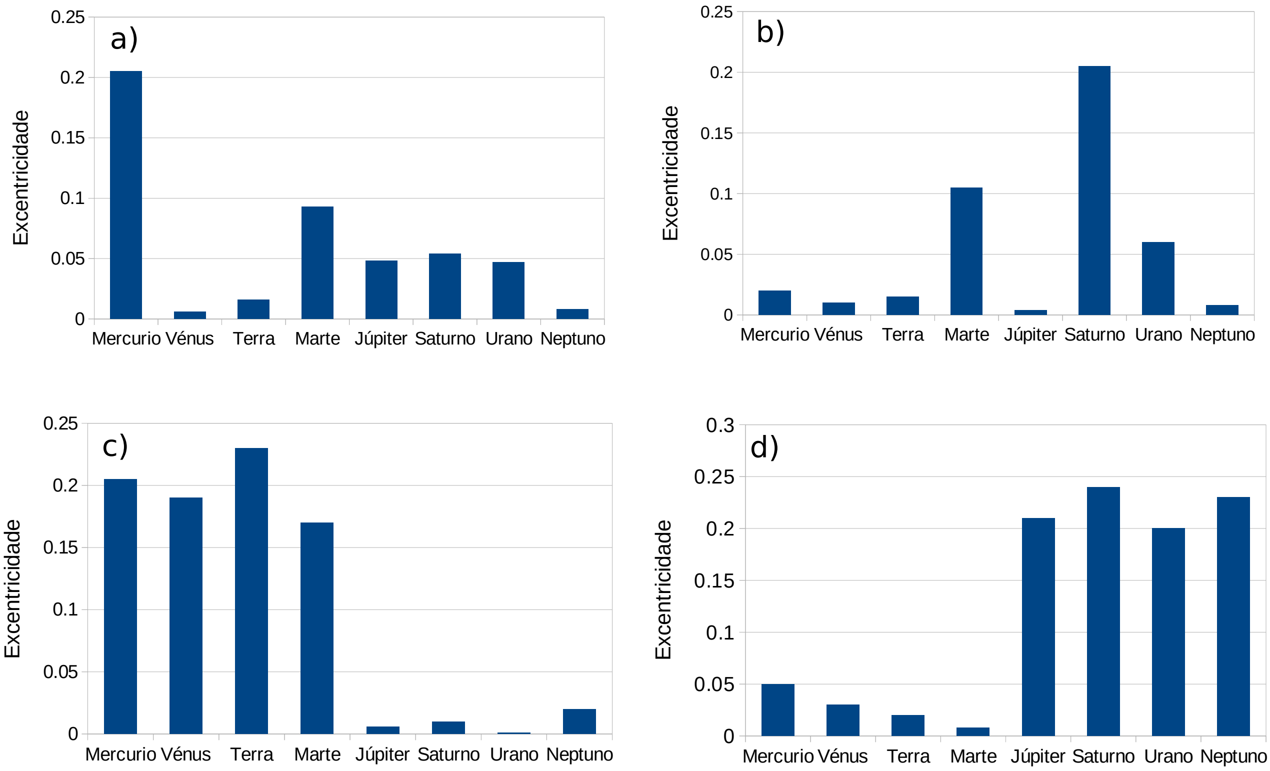
b) 5,48 km

c) 32,91 km

d) 10,97 km

c

4) Qual dos gráficos representa correctamente a excentricidade dos planetas do sistema solar?



R: a)

5) Que condição deve ser satisfeita para se presenciar um eclipse total do Sol,

em vez de um eclipse parcial ou anular?

a) O local onde o eclipse está a ser observado tem de atravessar a penumbra da Lua

b) A Terra tem de estar próxima do afélio da sua órbita

c) O local onde o eclipse está a ser observado tem de atravessar a umbra da Lua

d) Toda a Terra tem de estar contida dentro da antumbra da Lua

R: c)

6) Uma forma de enviar uma sonda espacial até Marte seria ao longo de uma órbita elíptica com a Terra no periélio da órbita e Marte no afélio. Assumindo que Marte tem uma órbita circular com raio de 1,52 UA:

a) Quanto tempo demora a sonda a alcançar Marte?

R: a = 0.5(1 UA + 1.52 UA) = 1.26 UA

T^2 = a^3

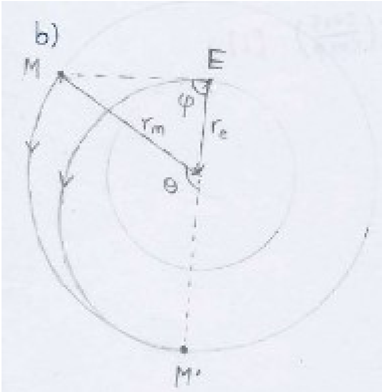
T = (1.26)3/2 = 1.41 anos

t = 0.5 × T = 0.707 anos

b) Assumido que a soda é enviada no sentido prógrado, qual é a elongação de Marte no momento do lançamento, de forma a garantir que a nave atinge o seu destino?

Nota: O sentido prógrado é o mesmo da órbita dos planetas. A elongação de um planeta é o ângulo entre o Sol e esse planeta, visto a partir da Terra.

R:



T_{Marte} = (1.52)^(3/2) = 1.87 anos

θ = 0.707/1.87*360= 136°

ME2 = rm^2 + re2 - 2rm*re*cos (180 - θ)

ME = 1.06 UA

rm^2 = re^2+ ME^2 - 2re*ME*cos(φ)

φ = 95°

7) Um planeta orbita uma estrela cuja temperatura efetiva é de 6500 K e raio igual a 1,2 raios solares a uma distância de 1,5 UA. O planeta tem um albedo de 0,10.

Qual é a temperatura do planeta, assumindo que ele irradia como um corpo negro perfeito?

R: ***274 K***

A energia que atinge o planeta por unidade de área e de tempo, por definição de fluxo, é de:

$$F_p = \frac{L}{4\pi d^2}$$

onde d é a distância do planeta à estrela.

A potência luminosa interceptada pelo planeta, que tem secção reta πr_p^2, será:

$$P = \pi r_p^2 F_p = \pi r_p^2 \frac{L_{¿}}{4\pi d^2}$$

O fluxo médio incidente é obtido dividindo-se a potência interceptada pelo planeta pela área total do planeta ($4\pi r_p^2$):

$$F_p = \frac{P}{4\pi r_p^2} = \frac{\pi r_p^2 \frac{L_{¿}}{4\pi d^2}}{4\pi r_p^2} = \frac{L_{¿}}{16\pi d^2} = \frac{4\pi R_{¿}^2 \sigma T_{¿}^4}{16\pi d^2} \rightarrow F_p = \frac{R_{¿}^2}{4 d^2} \sigma T_{¿}^4$$

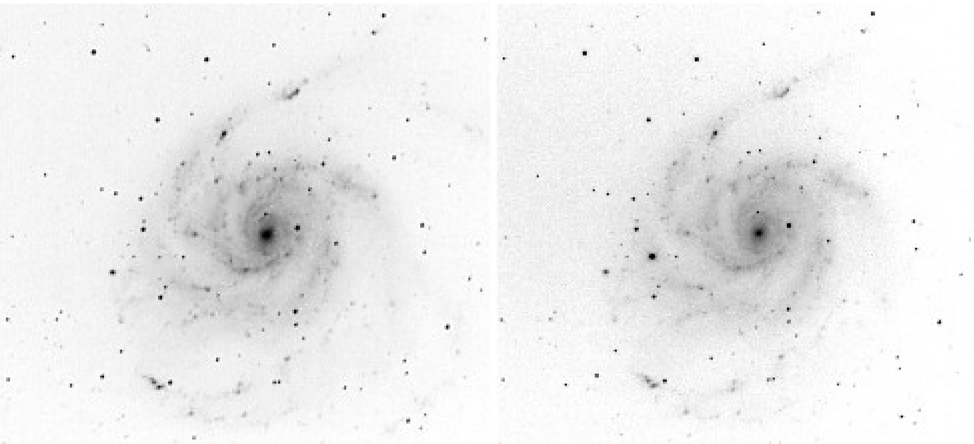
O planeta reflete 10% da luz incidente, absorvendo os outros 90%. A energia absorvida aquece o planeta, que irradia como um corpo negro a uma taxa σT^4 por unidade de área. Logo:

$$\sigma T_p^4 = 0{,}9\, F_p$$

Substituindo-se os valores:

$$T_p^4 = 0{,}9 \times \frac{1}{4} \times \left(\frac{1{,}2 \times 6{,}96 \times 10^8}{1{,}5 \times 1{,}49 \times 10^{11}} \right)^2 \times (6500)^4 \rightarrow T_p = 274\,K$$

8) As duas imagens abaixo são da mesma galáxia, observada em momentos distintos. Identifica e descreve em que consiste o evento astronómico que leva a diferenças entre estas duas imagens.



R: Na figura da direita podemos ver que uma estrela brilhante apareceu de repente na galáxia e estes eventos estão associados à ocorrência de supernovas.

Uma supernova é um evento astronómico que ocorre durante os estágios finais da evolução de algumas estrelas e que é caracterizado por uma explosão muito brilhante. Estas podem acontecer colapso de estrelas massivas (estrelas com pelo menos cinzo vezes a massa do Sol, supernovas do tipo II) ou por colisão ou acreção de matéria de estrelas vizinhas às anãs brancas (supernovas do tipo I).

9) Calcula o diâmetro (em metros) que um telescópio tem de ter para:

a) Resolver um planeta e um estrela separados por 1UA a uma distância de 20 pc da Terra, quando observados por um telescópio no infravermelho (λ = 2.2 μm);

b) Resolver uma galáxia com 10 kpc de tamanho a uma distância de 1.8 Gpc (redshift ~ 1.5) com um telescópio no ultra-violeta (λ = 150 nm);

c) A sombra do buraco negro central da M87 (distância de 16.4 Mpc), com um tamanho estimado de 0.0019 anos-luz, com um telescópio na bando do milimétrico (λ = 1.3 mm);

d) Tendo em conta o valor obtido na alínea c), como se pode explicar a imagem obtida pelo projecto Event Horizon Telescope.

R:

separação_angular = separação_física/distância

Diâmetro = 1.22 * comprimento_de_onda / separação_angular

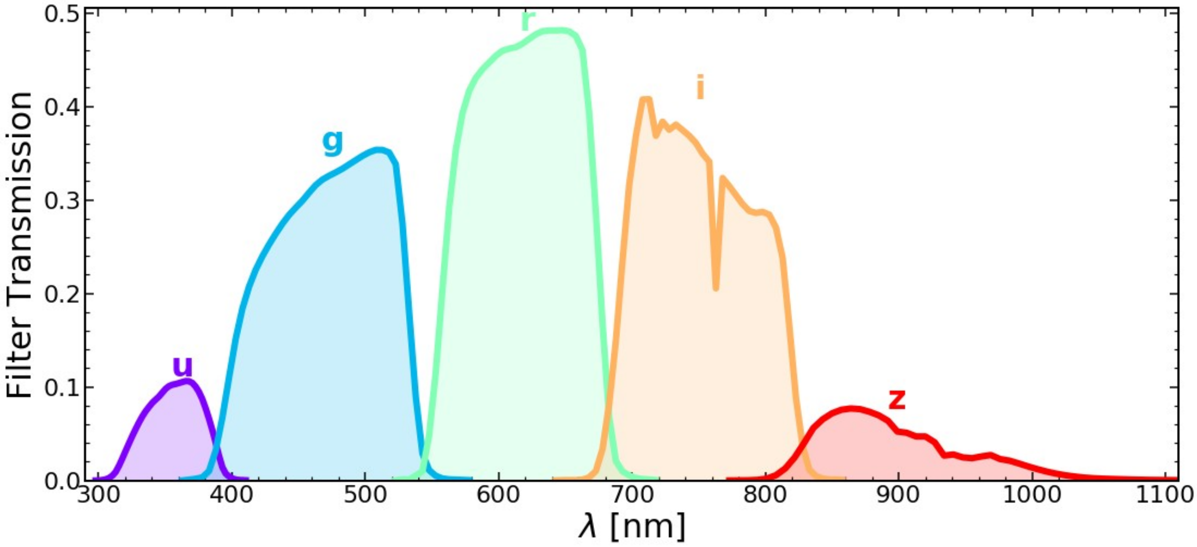
a) angulo = 2.4E-7, diametro = 11m

b) angulo = 5.6E-6, diametro = 0.03m

c) angulo = 3.6E-11, diametro = 4.4E7 m

d) Usando a técnica de interferometria, foi possível combinar a imagem de vários telescópios espalhados pela superfície da terra, para atingir a resolução necessária para observar a sombra do buraco negro.

10) O Sloan Digital Sky Survey é um projeto enorme da comunidade de astronomia com o principal objetivo de estudar as galáxias mais próximas de nós. São usados cinco filtros de observação diferentes que quantificam o brilho das galáxias em diferentes regiões do intervalo de comprimentos de onda na banda do óptico (com os nomes *u*, *g*, *r*, *i*, and *z* - ver na figura abaixo).



Considera agora duas galáxias que foram observadas nestes 5 filtros durante o projeto, e que têm as magnitudes aparentes listadas abaixo:

Nome	u	g	r	i	z	redshift	Distance [Mpc]
G1	19.51	17.64	16.74	16.26	15.88	0.06456	300
G2	18.15	17.08	16.61	16.28	16.12	0.05710	264

a) Sabendo que as galáxias têm um redshift associado, explica qual é a relação entre o intervalo em comprimento de onda observado na terra e intervalo em comprimento de onda que corresponde à emissão de luz na origem.

b) Usando os valores da tabela calcula a magnitude absoluta correspondente a cada uma das bandas observadas.

c) Sabendo que o Sol tem uma magnitude absoluta no filtro *r* de $m_{r,sol}$=4.65, compara este valor com o obtido nas galáxias e calcula o brilho, em unidades de brilho de um Sol, de cada galáxia.

d) Uma das medidas usadas em astronomia para estimar a idade das estrelas das galáxias é a variação do fluxo acima e abaixo de 400 nm. Usando os dados obtidos nas alíneas anteriores consegues dizer qual das galáxias é mais jovem? Justifica a tua resposta.

R:

a) O redshift tem o efeito de esticar o espectro de luz da galáxia por um fator de (1+z). Isto significa que na terra, e para cada filtro, estamos a observar a luz emitida em regiões do filtro, mas dividido por um fator de 1+z. E.g., o filtro u para a galáxia G1 corresponde ao que a galáxia emite na região [300/(1+z), 400/(1+z)].

b) m-M = 5*log10(d[pc]) - 5;

Nome	u	g	r	i	z
G1	-17.9	-19.7	-20.6	-21.1	-21.5
G2	-19.0	-20.0	-20.5	-20.8	-21.0

c) m_sol - m_galaxia = -2.5log10(L_sol/L_galaxia);

G1 : 4.65 - (-20.6) = -2.5log10(L_sol/L_galaxia) <=>

L_sol/L_galaxia = 10^(-0.4 * 25.25) ⇔

L_galaxia = 1.26E10 L_sol

G2: L_galaxia = 1.15E10 L_sol

d) As estrelas mais jovens têm cores mais azuladas o que significa que emitem mais na bandas azuis. Neste caso tem de se calcular a diferença entre as magnitudes absolutas nas bandas u e g [que medem fluxo abaixo e acima de 400 nm, respetivamente] e ver qual tem o valor menor (que será a mais jovem). Por essa lógica é a galáxia G2 a mais jovem já que u-g = 1.0 [para a galáxia G2, u-g = 1.8].

Tabela de dados:

Constantes universais

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

Constante gravitacional: $G = 6{,}673 \times 10^{-11} N.m^{2}.kg^{-2}$

Constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5{,}670 \times 10^{-8} W.m^{2}.K^{-4}$

Constante de dispersão de Wien: $b = 0.0028976 m.K$

Dados sobre o Sol:

Massa do Sol: $M_{\odot}$ = $1{,}99 \times 10^{30} kg$

Raio do Sol: $R_{\odot}$ = $6{,}955 \times 10^{8} m$

Período médio de rotação do sol: T = 27 dias

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

Temperatura superficial do Sol: T_{ef} = 5780 K

Dados sobre a Terra:

Massa da Terra: $M_{\oplus}$ = $5{,}972 \times 10^{24} kg$

Raio da Terra: $R_{\oplus}$ = $6371 \times 10^{3} m$

Distância média da Terra ao Sol: $149{,}6 \times 10^{9} m$

Dados sobre a Lua:

Massa da Lua: $M_{☾}$ = $7{,}348 \times 10^{22} kg$

Raio da Lua: $R_{☾}$ = $1738 \times 10^{3} m$

Conversão de unidades:

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

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

Relações importantes:

Velocidade angular Ω = $\frac{2\pi}{T}$ [rad.s-1]

Lei de Stefan-Boltzmann: $L = 4\pi R^{2} \sigma T_{ef}^{4}$

Distância em parsec: $d_{pc}=10^{\frac{m-M+5}{5}}$

Magnitude absoluta: $M=-2{,}5\log(L)+K$, em que K é uma constante

Lei da Gravitação Universal: $Fg=G\frac{Mm}{r^2}$

Lei de Wien: $\lambda_{max}=\frac{b}{T}$