

Astronomia para o Ensino de Ciências (ACH-4116)

6ª lista de exercícios: o Universo

*Roberto Ortiz – Professor Livre-Docente
EACH/USP*

Se precisar, utilize: constante da gravitação universal $G = 6,67 \times 10^{-11}$ (S.I.); constante de Planck $h = 6,626075 \times 10^{-34}$ J.s = $4,13567 \times 10^{-15}$ eV.s; velocidade da luz $c = 2,998 \times 10^8$ m/s; massa do elétron $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg; carga do elétron $e = -1,60 \times 10^{-19}$ C; constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-9}$ (S.I.) ou $5,67 \times 10^{-5}$ (CGS); 1 u.m.a. = $1,66 \times 10^{-27}$ kg; permissividade elétrica do vácuo $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$; $T_{sol} = 5780$ K; massa do Sol = $2,0 \times 10^{30}$ kg; raio do Sol $R_{sol} = 7,0 \times 10^8$ m; 1 parsec = $3,08 \times 10^{16}$ m. Para os dados sobre os níveis atômicos, consulte os slides da aula sobre “Luz e Radiação”.

1-) Estrelas do ramo horizontal são consideradas um bom padrão de distância porque todas elas possuem mais ou menos a mesma luminosidade, cerca de 80 vezes maior que a do Sol. Além disso, elas possuem uma ampla gama de temperaturas, daí o nome “ramo horizontal” no diagrama HR. Calcule quantas vezes uma estrela do ramo horizontal situada na galáxia de Andrômeda (i.e. a 780 kpc) é menos brilhante do que uma estrela semelhante situada a uma distância de 1 kpc. Lembre-se de que o brilho diminui com o quadrado da distância! Calcule também quantas magnitudes a mais apresenta uma estrela em Andrômeda, comparada a outra a 1 kpc.

2-) Utilizando os dados do exercício anterior, calcule qual seria a magnitude de uma estrela do ramo horizontal com a mesma temperatura que o Sol, à distância de 1 U.A. Dado: magnitude visual do Sol: $m_v = -26,73$.

3-) Utilizando os dados do exercício anterior, determine a magnitude visual de uma estrela do ramo horizontal situada em Andrômeda. Lembre-se de comparar a magnitude à distância de 1 U.A. com a magnitude à distância de 780 kpc.

4-) O telescópio de 1,60m do Laboratório Nacional de Astrofísica (figura abaixo), situado entre os municípios de Itajubá e Brazópolis é maior telescópio instalado em solo brasileiro. Ele possui um fotômetro capaz de detectar estrelas de até magnitude 15. Utilizando as respostas dos exercícios anteriores, determine a distância-limite que esse telescópio é capaz de detectar uma estrela do ramo horizontal com temperatura semelhante ao Sol. Esse telescópio é capaz de observar estrelas do ramo horizontal extragalácticas?

5-) Qual é a velocidade de afastamento de uma galáxia cuja linha K do CaII é vista em 3940 Angstroms? Considere que o comprimento de laboratório dessa linha seja de 3933 A.

6-) Utilizando a Lei de Hubble e a constante $H = 71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, determine a distância da galáxia citada no exercício anterior.



Acima: vista parcial do telescópio de 1,6m de diâmetro do Laboratório Nacional de Astrofísica.

Fonte: wikipedia.

- 7-) O valor de H (da Lei de Hubble) é constante, aumenta ou diminui à medida que o Universo evolui? Por quê?
- 8-) O que é a “radiação cósmica de fundo”?
- 9-) Diz-se que a temperatura da radiação cósmica de fundo é de 2,7 K. Utilize a lei de Wien para obter o comprimento de onda (em mm) onde a emissão cósmica tem máxima intensidade. Em que região espectral esse comprimento de onda se enquadra? Luz visível? Infravermelho? Rádio-frequências?
- 10-) O que é a “anisotropia da radiação cósmica de fundo”?
- 11-) Quanto tempo após o Big Bang formaram-se os primeiros átomos do Universo?
- 12-) O que são os quasares? De que modo eles emitem radiação?
- 13-) As imagens dos primeiros quasares indicavam um objeto “quase-estelar”, daí o nome “quasar”. Explique como você faria para distinguir, na prática, um quasar de uma estrela. Que medidas você faria, utilizando um telescópio?
- 14-) Quantas galáxias espirais fazem parte do “Grupo Local”? Quais são elas?
- 15-) Compare os grupos com os aglomerados de galáxias. Quais são as diferenças e semelhanças entre eles?

Respostas dos Exercícios

1-) $F_1/F_{780} = (1/780)^{-2} = 6,08 \times 10^5$ vezes. Em termos de magnitude: $m_1 - m_{780} = -2,5 \log(6,08 \times 10^5) \rightarrow m_1 = m_{780} - 14,5$ (i.e. 14,5 magnitudes a mais)

2-) $m_{RH} - m_{sol} = -2,5 \log(80) \rightarrow m_{RH} = m_{sol} - 1,90 = -26,73 - 1,90 = -28,63$.

3-) 1 U.A. = 1 / 206265 parsec, logo: $m_{780} - m_{1UA} = -2,5 \log(780 \times 10^3 / (1/206265))^{-2} = -2,5 \log(780 \times 10^3 \times 206265)^{-2} = +56,03$. Portanto: $m_{780} = -28,63 + 56,03 = 27,40$

4-) Vou comparar a magnitude à distância-limite com a magnitude de uma estrela do ramo horizontal situada à distância de 1 U.A. (exercício 2): $m_{lim} - m_{1UA} = -2,5 \log(F_{lim} / F_{1UA}) = -2,5 \log(d_{lim} / (1/206265))^{-2} = 15,0 - (-28,63) = +5,0$ [$\log(d_{lim}) - (\log(206265)^{-1})$]. Re-escrevemos: $15,0 + 28,63 = +5,0$ [$\log(d_{lim}) + \log(206265)$] $\rightarrow 43,63 = 5,0 \log(d_{lim}) + 5,0 \log(206265) \rightarrow 43,63 = 5,0 \log(d_{lim}) + 26,57 \rightarrow \log(d_{lim}) = (43,63 - 26,57) / 5,0 \rightarrow d_{lim} = 10^{3,41} = 2,58$ kpc. Logo, esse telescópio só é capaz de detectar estrelas do ramo horizontal situadas na nossa Galáxia.

5-) Veja solução nos slides da aula sobre “a expansão do Universo”. Resposta: 534 km/s.

6-) $534 \text{ km s}^{-1} = 71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} \times D(\text{Mpc}) \rightarrow D = 534/71 = 7,52$ Mpc.

7-) O inverso de H é igual ao tempo de Hubble. Logo, à medida que o Universo evolui a sua idade aumenta e o valor da constante H diminui.

8-) É a radiação emitida pelo Universo como um todo. Pode-se dizer que, em geral, seu caráter é térmico, isto é, o formato de seu espectro é semelhante ao de um corpo negro.

9-) Lei de Wien: $\lambda_{max} T = 0,29 \text{ cm K}$. Utilizando-se $T = 2,7 \text{ K}$, obtém-se: $\lambda_{max} = 0,29 / 2,7 = 0,107 \text{ cm} = 1,07 \text{ mm}$. São ondas de rádio.

10-) São diferenças de temperatura observadas na radiação cósmica de fundo.

11-) Após 350 mil anos. Antes disso havia núcleos atômicos, porém os elétrons encontravam-se livres.

12-) São núcleos ativos de galáxias. Um buraco negro gigante, situado no centro de uma galáxia, “engole” a matéria próxima. Antes da matéria ser acrescida ao buraco negro ela forma um disco de acreção, em rotação. Cargas aceleradas nesse disco (elétrons e íons) emitem um amplo espectro de radiação, desde ondas de rádio até os raios-X.

13-) Os quasares estão situados a enormes distâncias. Logo, pela Lei de Hubble, eles apresentam uma enorme velocidade de afastamento. Por outro lado, estrelas situadas na nossa Galáxia não podem apresentar velocidades tão altas. Logo, tomando-se o espectro medir-se-ia o desvio (para o vermelho) e calcular-se-ia a velocidade de afastamento do objeto. Se for grande demais seria um quasar, do contrário poderia ser um objeto próximo, estelar.

14-) São três galáxias: a Via-Láctea, Andrômeda e M33.

15-) Tanto os grupos como os aglomerados são compostos por galáxias (e matéria escura, gás, etc.) ligadas gravitacionalmente. Porém, enquanto os grupos geralmente contêm menos de 50 galáxias, os aglomerados podem possuir até mais de 1000 membros. A massa dos grupos geralmente gira em torno de $10^{13} M_{\text{sol}}$, enquanto a massa dos aglomerados pode atingir 10^{14} ou $10^{15} M_{\text{sol}}$. O diâmetro de um grupo é geralmente inferior a 1 Mpc, enquanto um aglomerado pode atingir um tamanho de 10 Mpc.