

Astronomia para o Ensino de Ciências (ACH-4116)

5ª lista de exercícios: a Via Láctea e outras galáxias

*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-) Quais foram as hipóteses assumidas por William Herschel para determinar o formato da Via Láctea utilizando contagens de estrelas?

2-) A magnitude-limite do olho humano é $m_{lim} = 6,0$. Se observarmos através de um telescópio, a magnitude-limite será:

$$m_{lim} = 7,1 + 5\log(D)$$

onde D é o diâmetro da objetiva do telescópio, em centímetros. Calcule a magnitude-limite do telescópio de William Parsons, o III Conde de Rosse, cujo diâmetro era de 183 cm.

3-) Quais são as populações estelares que compõem a Via-Láctea?

4-) Em que lugar da Via-Láctea formam-se as estrelas?

5-) A qual população da Via-Láctea pertence o Sol?

6-) A magnitude aparente visual do Sol é $m_{sol} = -26,7$. Calcule até que distância ele seria visível a olho nu. Lembre-se de que o brilho decai com o quadrado da distância!

7-) Por que a população do halo é pobre em elementos pesados quando comparada à população do disco, por exemplo?

8-) Por que a posição dos braços espirais da Via Láctea é mal conhecida?

9-) Suponha que o Sol execute um movimento circular uniforme em torno do centro da Galáxia, que está localizado a uma distância de 8 kpc. Quanto tempo levaria para o Sol executar uma volta completa, sabendo-se que sua velocidade é de 220 km/s?

10-) Em 1917, Heber Curtis observou que as estrelas do ramo horizontal na galáxia de Andrômeda

(M31) eram cerca de 10 magnitudes mais fracas do que outras, idênticas, localizadas na nossa Galáxia. Suponha que essa diferença de brilho deve-se unicamente ao fator “distância”. Utilizando esse dado, calcule quantas vezes uma estrela do ramo horizontal em Andrômeda deve estar mais distante do que uma outra igual, na Galáxia, de modo que ela exiba uma magnitude 10 magnitudes maior. Lembre-se de que o fluxo cai com o quadrado da distância!

11-) Qual é a principal diferença morfológica entre os seguintes tipos de galáxias: (a) elípticas e lenticulares; (b) espirais e lenticulares; (c) elípticas e espirais.

12-) Qual é a diferença entre galáxias irregulares de tipo I e tipo II?

13-) Suponha um sistema composto por um corpo central, massivo, e um segundo corpo, muito menos massivo girando em uma órbita circular em torno do corpo central. Mostre que a velocidade orbital diminui proporcionalmente a $r^{-1/2}$.

14-) Suponha que toda a massa da Galáxia esteja concentrada em seu centro. A distância do Sol ao centro da Galáxia é de 8 kpc e sua velocidade orbital é de 220 km/s. Utilizando esses dados, faça uma estimativa da massa da Via-Láctea em quilogramas e em massas solares. Compare seu resultado com outros que você encontrar na literatura. Eles concordam entre si? Se houver discrepância significativa, discuta as possíveis razões.

Respostas dos Exercícios

1-) Ele considerou que: (1) a densidade espacial das estrelas é constante e (2) que o espaço interestelar é totalmente transparente à propagação da luz.

2-) Utilizando a expressão dada, obtemos: $m_{\text{lim}} = 7,1 + 5\log(183) = 18,4$.

3-) Disco, bojo, braços espirais e halo.

4-) As estrelas se formam nos braços espirais.

5-) O Sol pertence à população do disco.

6-) No limite da percepção, a magnitude aparente do Sol seria igual a 6,0. Logo, a relação do fluxo luminoso do Sol à distância-limite d_{lim} , comparado ao fluxo a 1 U.A. seria: $6,0 - (-26,7) = -2,5\log(F_{\text{dlim}}/F_{\text{1U.A.}})$ ou $F_{\text{dlim}}/F_{\text{1U.A.}} = 10^{-0,4(6,0+26,7)} = 10^{-13,08} = 8,32 \times 10^{-14}$. O fluxo varia com o quadrado da distância, i.e.: $F_{\text{dlim}}/F_{\text{1U.A.}} = (d_{\text{lim}}/1\text{U.A.})^{-2}$. Colocando as distâncias em parsecs e substituindo o valor da razão de fluxos, teremos: $8,32 \times 10^{-14} = (d_{\text{lim}} / 206265^{-1})^{-2}$ ou $d_{\text{lim}} = 16,8$ parsecs.

7-) Porque a população do halo foi formada na época do Universo jovem, entre 10 e 13 bilhões de anos atrás. Nessa época o Universo ainda era pobre em elementos pesados porque as estrelas ainda não haviam processado uma quantidade significativa desses elementos em seus núcleos.

8-) É difícil determinar a distância dos traçadores dos braços espirais, como estrelas O, B e regiões HII, e por conseguinte suas posições. Além disso a poeira interestelar dificulta o cálculo correto da distância desses objetos.

9-) Em um M.C.U. o perímetro de um circunferência vale: $L = 2 \pi R = V t$, onde V é a velocidade, t é o tempo necessário para uma volta e R é o raio da trajetória. Devemos primeiro converter R de kpc em m: $8 \text{ kpc} = 8 \times 10^3 \times 3,08 \times 10^{16} \text{ m} = 2,464 \times 10^{20} \text{ m}$. O tempo de uma volta é $t = 2 \pi R / V = 2 \pi (2,464 \times 10^{20} \text{ m}) / (220 \times 10^3 \text{ m/s}) = 7,037 \times 10^{15} \text{ s} = 223 \text{ milhões de anos}$.

10-) Seja a distância de um ponto A 10 vezes maior do que a de um ponto B . Sabemos que $m_A - m_B = -2,5 \log (F_A/F_B)$. Como o fluxo é inversamente proporcional ao quadrado da distância temos que $F_A/F_B = (D_A/D_B)^{-2}$. Substituindo na expressão anterior, temos: $m_A - m_B = -2,5 \log (D_A/D_B)^{-2} \rightarrow m_A - m_B = +5 \log (D_A/D_B)$ ou ainda $(D_A/D_B) = 10^{0,2(m_A - m_B)} = 10^{0,2(10,0)} = 10^2 = 100$ vezes mais distante.

11-) (a) as lenticulares possuem disco; as elípticas, não. (b) as espirais possuem braços espirais, as lenticulares, não; (c) as espirais possuem disco e braços, as elípticas, não.

12-) As galáxias irregulares de tipo I possuem alguma estrutura definida, enquanto as irregulares de tipo II são completamente amorfas.

13-) Demonstração trivial, consulte seu livro de Física Básica.

14-) Inicialmente mostre que $V^2 = GM/R$. Logo, $M = V^2 R/G = (220 \times 10^3)^2 \cdot 2,464 \times 10^{20} / 6,67 \times 10^{-11} = 1,79 \times 10^{41} \text{ kg} = (9 \times 10^{10}) \times (\text{massa do Sol})$. A distribuição de matéria na Galáxia não está toda concentrada no centro, como foi suposto. Além disso há muita matéria nas regiões da Galáxia além de 8 kpc, que não foi contabilizada neste cálculo.