

Introdução à Física Estelar - 2016.3

Lista 1

1. Sirius se encontra a 2.64 parsecs da Terra. (a) Determine o módulo de distância de Sirius. (b) Na verdade, Sirius é uma estrela dupla, cuja componente mais brilhante, Sirius A, tem uma magnitude aparente no visual de $m_V = -1.44$. Quanto é a magnitude absoluta de Sirius A. (c) A magnitude aparente da componente mais fraca, Sirius B, é $m_V = +8.7$. Quanto é a razão entre as luminosidades intrínsecas de Sirius A e B?
2. Deduza a relação $m = M_\odot - 2.5 \cdot \log_{10} \left(\frac{F}{F_{10,\odot}} \right)$, onde M_\odot é a magnitude absoluta do Sol, e $F_{10,\odot}$ o fluxo da radiação solar em 10 pc de distância.
3. A magnitude absoluta do Sol na banda V é $+4.82$, e suas cores $U - B$ e $B - V$ são 0.195 e 0.65, respectivamente. A distância entre o Sol e a Terra é 1 AU. (a) Quanto é a magnitude visual aparente do Sol? (b) Quanto são as magnitudes M_B , m_B , M_U e m_U ?
4. Mostre que, para a distribuição de Boltzmann, $n_v dv = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right) e^{-mv^2/2kT} 4\pi v^2 dv$, a velocidade mais provável é $v_{mp} = \sqrt{2kT/m}$.
5. Considere um gás de átomos de hidrogênio neutro.
 - (a) Em que temperatura terá números iguais de átomos no estado fundamental e no segundo estado excitado ($n = 3$)?
 - (b) Numa temperatura de 85 400 K, quando números iguais (N) de átomos estão no estado fundamental e no primeiro estado excitado, quantos átomos estarão no segundo estado excitado? Exprime a sua resposta em termos de N .
 - (c) Quando $T \rightarrow \infty$, de que maneira os elétrons nos átomos de hidrogênio estarão distribuídos, segunda a equação de Boltzmann, isto é, quais são os números relativos de elétrons nos orbitais correspondendo a $n = 1, 2, 3, \dots$? Esta distribuição realmente ocorrerá? Por que ou por que não?
6. (a) Em uma atmosfera composta de hélio puro, para que temperatura metade dos átomos de He I são ionizados? (Uma atmosfera similar a esta pode ser encontrada em certos tipos de anãs brancas; vide segunda metade da disciplina) As energias de ionização de hélio neutro e hélio ionizado uma vez são $\chi_I = 24.6$ eV e $\chi_{II} = 54.4$ eV, respectivamente. As funções de partição são $Z_I = 1$,

- $Z_{\text{II}} = 2$ e $Z_{\text{III}} = 1$. Use $P_e = 20 \text{ N m}^{-2}$ pra pressão de elétrons.
- (b) Ache e compare $N_{\text{II}}/N_{\text{I}}$ e $N_{\text{III}}/N_{\text{II}}$ para temperaturas de 5000 K, 15 000 K e 25 000 K. (c) Mostre que $N_{\text{II}}/N_{\text{total}} = N_{\text{II}}/(N_{\text{I}} + N_{\text{II}} + N_{\text{III}})$ pode ser exprimido em termos das razões $N_{\text{II}}/N_{\text{I}}$ e $N_{\text{III}}/N_{\text{II}}$.
- Suponha que o ar na sala de aula consiste de nitrogênio molecular, N_2 , puro (um átomo de nitrogênio contém 14 nucleons). Usando a velocidade média quadrática destas moléculas à temperatura ambiente (300 K), um raio molecular de 0.1 nm e densidade 1.2 kg m^{-3} qual é o livre percurso médio das moléculas de nitrogênio? Qual é o tempo médio entre colisões?
 - Calcule, quão longe você conseguiria enxergar pela atmosfera terrestre, de densidade 1.2 kg m^{-3} , se esta tivesse a opacidade da fotosfera solar, $\kappa_{500} = 0.03 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$.
 - Caso a temperatura de uma estrela está aumentando de dentro para fora, que tipo de linhas espectrais você espera ver no espectro desta estrela?
 - Verifique, que a intensidade I_λ de um raio em função da distância s percorrida através de um meio com função de fonte S_λ , $I_\lambda(s) = I_{\lambda,0}e^{-\kappa_\lambda \rho s} + S_\lambda(1 - e^{-\kappa_\lambda \rho s})$, satisfaz a equação de transporte $-\frac{1}{\kappa_\lambda \rho} \frac{dI_\lambda}{ds} = I_\lambda - S_\lambda$.
 - Suponha que a forma de uma linha espectral é ajustada por uma metade de um elipse, tal que o semieixo maior a é igual à profundidade máxima da linha (seja $F_\lambda = 0$) e o eixo menor $2b$ é igual à largura máxima da linha (onde ela se junta ao contínuo). Qual a largura equivalente da linha?
 - mostre que a força gravitacional sobre uma massa pontiforma m localizada em qualquer posição dentro de uma casca oca e esfericamente simétrica é zero. Suponha que a casca tem massa M e densidade constante ρ . Chame os raios interno e externo da casca r_1 e r_2 .
 - Usando o teorema de virial, faça uma estimativa da temperatura “média” do Sol.
 - Complete as seguintes reações, incl. os leptons necessários:
 - ${}_{14}^{27}\text{Si} \rightarrow ? {}_{13}^? \text{Al} + e^+$
 - ${}_{13}^? \text{Al} + {}_1^1 \text{H} \rightarrow {}_{12}^{24} \text{Mg} + ?$
 - ${}_{17}^{35} \text{Cl} + {}_1^1 \text{H} \rightarrow {}_{18}^{36} \text{Ar} + ?$
 - Calcule o montante de energia liberada ou absorvida nas seguintes reações. Exprime suas respostas em MeV ($1 \text{ MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$, $1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$):
 - ${}_{6}^{12} \text{C} + {}_{6}^{12} \text{C} \rightarrow {}_{12}^{24} \text{Mg}$
 - ${}_{6}^{12} \text{C} + {}_{6}^{12} \text{C} \rightarrow {}_{8}^{16} \text{O} + 2 {}_2^4 \text{He}$
 - ${}_{9}^{19} \text{F} + {}_1^1 \text{H} \rightarrow {}_{8}^{16} \text{O} + {}_2^4 \text{He}$

A massa de $^{12}_6\text{C}$ é 12,0000 u por definição, e as massas de ^1_1H , ^4_2He , $^{16}_8\text{O}$, $^{19}_9\text{F}$ e $^{24}_{12}\text{Mg}$ são 1.00728 u, 4.00260 u, 15.99491 u, 18.99840 u e 23.98504 u, respectivamente. Estas reações são exotérmicas ou endotérmicas?

16. Por que a Cromosfera e a Coroa do Sol são melhor observadas com telescópios ultravioletos e de raios-X, respectivamente?
17. A que taxa a massa do Sol está diminuindo devido a reações nucleares? Dê seu resultado em unidades de massas solares por ano. Compare a sua resposta com a taxa de perda de massa pelo vento solar.
18. Supondo que a taxa de consumo de hidrogênio do Sol é constante e igual à de hoje, que fração da massa do Sol seria consumida nos próximos 5 bilhões de anos? Como isso iria afetar a composição química do Sol?
19. Usando a equação de Saha, calcule a razão do número de íons de H^- a átomos neutros de hidrogênio na fotosfera do Sol. Use como temperatura de gás a temperatura efetiva e uma pressão de elétrons, 1.5 N m^{-2} . Observe que, pelo princípio de exclusão de Pauli, pode existir apenas um estado do íon, por que os spins dos dois elétrons têm que ter sinais opostos.
20. A série de Paschen do hidrogênio (com nível inferior $n = 3$) pode contribuir para o contínuo, já que o limite da série ocorre em 820.8 nm. Porém, é a contribuição do íon de H^- , que domina o contínuo. Usando o resultado do exercício anterior, junto com a equação de Boltzmann, estime a razão do número de íons de H^- a átomos de hidrogênio no estado $n = 3$.
21. Suponha que você está tentando fazer observações através de um gás ópticamente denso que tem densidade e temperatura constantes de $2.2 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^{-3}$ e 5777 K, valores típicos pra fotosfera do Sol. Se a opacidade em um comprimento de onda λ_1 é $\kappa_{\lambda_1} = 0.026 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, e a opacidade em um segundo comprimento de onda λ_2 é $\kappa_{\lambda_2} = 0.030 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, calcule a distância para dentro do gás onde a profundidade ótica é igual a 2/3 para cada comprimento de onda. Em que comprimento de onda se consegue ver mais fundo no gás? Quanto mais fundo? Este efeito permite os astrônomos a observar a atmosfera do Sol em profundidades diferentes.
22. Suponha que uma grande erupção solar acontece em uma região na qual o campo magnético é 0,03 T e que uma quantidade de energia de 10^{25} J é liberada em uma hora. (a) Qual era a densidade de energia magnética antes de a erupção começar? (b) Qual o volume mínimo necessário para impulsionar a erupção? (c) Suponha por simplicidade que o volume envolvido no suprimento de energia para a erupção fosse um cubo. Compare o comprimento de um lado com o tamanho típico de uma grande erupção. (d) O que você conclui sobre a suposição de que a energia magnética é a fonte de erupções solares, dadas as dimensões físicas envolvidas?

23. Em certa parte da Nebulosa da América do Norte, a extinção interestelar na banda visual, A_V , é de 1.1 magnitudes. A espessura da nebulosa é estimada em 20 pc, e ela se encontra a 700 pc da Terra. Suponha que uma estrela do tipo espectral B, cuja magnitude absoluta é $M_V = -1.1$, é observada na direção da nebulosa. Ignore qualquer outra fonte de extinção interestelar entre o observador e a nebulosa. (a) Encontre a magnitude visual aparente caso a estrela se encontre exatamente na frente da nebulosa. (b) Encontre a magnitude visual aparente caso ela se encontre exatamente atrás da nebulosa. (c) Sem levar em conta a existência da nebulosa, baseado na sua magnitude visual aparente, quão longe a estrela da parte (b) parece estar? Qual seria o erro percentual na determinação da distância se a extinção interestelar fosse ignorada?
24. A maioria dos átomos de hidrogênio do meio interestelar emitem ondas de rádio com comprimento de onda de 21 cm, mas nuvens de hidrogênio emitem grandes quantidades de radiação no visível. Por que essa diferença?
25. Por que são necessárias baixas temperaturas para o colapso de uma nebulosa?
26. Considere a evolução de uma estrela de uma massa solar. (a) Coloque em ordem cronológica as seguintes fases evolutivas: Gigante Vermelha, Anã Branca, Proto-estrela, Nebulosa Planetária, Sequência Principal, Ramo Horizontal. (b) Para cada uma das fases acima, diga qual a origem da energia que a estrela emite.
27. Por que as estrelas de maior massa na Sequência Principal possuem uma vida mais curta em relação a estrelas de menor massa?
28. Estime os tempos de vida da fase de queima de hidrogênio perto dos limites superior e inferior da Sequência Principal. O limite inferior da Sequência Principal ocorre perto de $0.072 M_\odot$, com $\log_{10} T_e = 3.23$ e $\log_{10}(L/L_\odot) = -4.3$. Por outro lado, uma estrela de $85 M_\odot$ perto do limite superior da Sequência Principal tem uma temperatura efetiva e luminosidade de $\log_{10} T_e = 4.705$ e $\log_{10}(L/L_\odot) = 6.006$, respectivamente. Admita que a estrela de $0.072 M_\odot$ é totalmente convectiva tal que todo o hidrogênio, em lugar de apenas os 10 % interiores, está disponível pra fusão nuclear.
29. Mostre que a ignição do processo triplo-alpha deveria ocorrer a mais que 10^8 K.
30. Uma versão antiga da evolução estelar, popular no começo do século XX, afirmava que as estrelas começam as suas vidas como esferas grandes e frias de gás, como as estrelas gigantes no diagrama H-R. Depois, elas se contraem e esquentam sob a sua própria atração gravitacional e se tornam estrelas tipo O, quentes e azuis. Pelo resto das suas vidas elas perdem energia, tornando-se mais escuras e vermelhas com a idade. Enquanto elas descem lentamente pela Sequência Principal, elas finalmente terminam como estrelas tipo M, escuras e

frias. Explique como observações de aglomerados estelares, representadas num diagrama H-R, contradizem esta idéia.

31. (a) A idade do Universo é 13.7×10^9 anos. Compare este valor ao tempo de vida de uma estrela de $0.8 M_{\odot}$ na Sequência Principal. Por que não é útil calcular a evolução pós-Sequência Principal de estrelas com massas muito abaixo da massa do Sol? (b) Você esperaria encontrar Aglomerados Globulares com pontos de “turn-off” abaixo de $0.8M_{\odot}$? Explique sua resposta.