AST409

Lista de exercícios – 6

1. Mostre que o balanceamento detalhado aplicado às transições radiativas fornece a equação de Boltzmann.
2. Considere um gás em ET composto por OII e elétrons a uma temperatura de 10.000 K. Qual a velocidade média dos elétrons? E dos íons de oxigênio? Compare a energia cinética média de um elétron e de um íon. Compare a energia cinética dos elétrons com os níveis de energia do OII (Tab. 5.1 do Maciel).
3. É possível mostrar que a excitação colisional é o processo mais importante para o povoamento do nível 2 na situação (ii) da p. 139 do Maciel?
4. Mostre que eq. 5.45 do Maciel vale no caso de átomo de 3 níveis com as aproximações feitas nessa referência.
5. Calcule a taxa de ionização por raios cósmicos para o NI.
6. (Maciel, 5.1) Considere as linhas de emissão do [NII] em $\lambda 6548/6583 \text{ \AA}$ em uma nebulosa com $T_e = 10^4 \text{ K}$. (a) Calcule o coeficiente de desexcitação colisional Y_{kj} do nível 1D_2 para os níveis 3P . Use os dados da tabela 5.1. (b) Qual é a probabilidade total por unidade de tempo de emissões espontâneas do nível 1D_2 para os níveis inferiores? (c) Como se dará a desexcitação do nível 1D_2 em uma região com $n_e = 10^3 \text{ cm}^{-3}$?
7. (Maciel, 5.2) Em um átomo com apenas dois níveis, j e k, a desexcitação será radiativa se $A_{kj} \gg n_e \gamma_{kj}$ e colisional se $A_{kj} \ll n_e \gamma_{kj}$. Podemos definir uma densidade crítica, n_c , que separa os dois regimes como $n_c = \frac{A_{kj}}{\gamma_{kj}}$. Esta expressão pode ser generalizada para átomos com muitos níveis. Determine a densidade crítica para transições $\lambda 4959/5007 \text{ \AA}$ [OIII] e $\lambda 6548/6583 \text{ \AA}$ [NII] em uma nebulosa com $T_e = 10^4 \text{ K}$.
8. (Maciel, 5.3) O coeficiente de desexcitação dos níveis hiperfinos do hidrogênio para colisões com outros átomos de H pode ser aproximado pela expressão

$$Y_{kj} = 0,005T + 0,400$$

no intervalo aproximado $30 < T \text{ (K)} < 300$, característico das nuvens interestelares difusas, onde T está em K e Y_{kj} é dado em unidades de $10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$. Qual é o erro cometido pelo uso desta expressão para uma nuvem interestelar com $T=100 \text{ K}$?

8. (Maciel, 5.4) Prove a relação (5.50).
9. (Maciel, 5.5) Considere o modelo com 3 níveis para íons S^+ mencionado na seção 5.6. (a) Quais são as energias E_{21} e E_{31} correspondentes às linhas $6730,8$ e $6716,4 \text{ \AA}$? (b) Estime os coeficientes de desexcitação colisional γ_{21} e γ_{31} para os níveis $^2D_{5/2}$ e $^2D_{3/2}$, respectivamente. (c) considere que a probabilidade de emissão espontânea do nível 2D seja dada por $A_{31} = 2,6 \times$

10^{-4}s^{-1} . Como será a desexcitação em NGC 3132, adotando $T_e = 10^4 \text{ K}$ e $n_e = 620 \text{ cm}^{-3}$?

10. (Maciel, 6.1) (a) Mostre que a seção de choque de fotoionização a partir do nível η para átomos hidrogenóides pode ser colocada na forma (6.48). (b) Calcule a seção de choque máxima para transições ligado-livre no contínuo de Balmer do H. A que comprimento de onda corresponde esta transição? Qual é o erro cometido nesta aproximação, considerando $g_{nf} \sim 1$?
11. (Maciel, 6.2) Estime a fração de íons de Ca I, Ca II e Ca III em uma nuvem interestelar com $T = 100 \text{ K}$ e $n_e = 10^{-4} \text{ cm}^{-3}$, considerando apenas fotoionização e recombinação radiativa. Dados: $\beta(\text{CaI}) = 3,8 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$, $\beta(\text{CaII}) = 4,0 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}$, $\alpha \text{ R}(\text{CaI}) = 5,1 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{s}$, $\text{R}(\text{CaII}) = 2,6 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s}$.
12. (Maciel, 6.3) Os espectros da radiação integrada do disco galáctico na região óptica e ultravioleta mostram uma queda abrupta do fluxo observado para $\lambda < 1000 \text{ \AA}$. Por que isto ocorre?
13. (Maciel, 6.4) Considere um átomo X que pode ocupar os estágios de ionização X^r e X^{r+1} , com densidades $n(X^r)$ e $n(X^{r+1})$, respectivamente. Chamando $\beta(X^r)$ a taxa de ionização e $\alpha(X^r)$ o coeficiente de recombinação total, escreva a equação de equilíbrio de ionização deste átomo. Qual é o significado físico desta equação?
14. (Maciel, 6.5) Os átomos de H em uma nuvem interestelar com $T = 100 \text{ K}$ são ionizados por partículas de alta energia (raios cósmico e raios X) segundo uma taxa $\zeta_{\text{H}} = 10^{-16} \text{ s}^{-1}$. Admita que a densidade de átomos de H está no intervalo $0,01 < n_{\text{H}} (\text{cm}^{-3}) < 1$ e calcule: (a) a densidade de prótons correspondentes, n_p ; (b) a densidade eletrônica n_e e (c) o grau de ionização do H.