

Расчет поглощения в линии

$$\kappa_{\lambda_0}^j = \frac{\pi e^2}{mc} \cdot \frac{1}{\mu_0 M} \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\lambda}{c} A_i g f \lambda \frac{1}{\Delta \lambda_D} \cdot \frac{10^{-\varepsilon \cdot \Theta}}{U_0} \frac{N_{j,i}}{N_{tot,i}} \left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}} \right), \text{ где}$$

$$\pi = 3.1415926536$$

$$c = 2.997924562 (11) 10^{10} \text{ см/с}$$

скорость света

$$m_e = 9.109558 (54) 10^{-28} \text{ г}$$

масса электрона

$$e = 4.803250 (21) 10^{-10} \text{ эл.ст.ед.СГСЭ}$$

заряд электрона

$$m_H = 1.67352 10^{-24} \text{ г}$$

масса атома водорода

$$M = 1.660531 (11) 10^{-24} \text{ г}$$

1 а.е.м. (в шкале $^{12}\text{C} = 12$)

$$\mu_0 = \frac{\sum \varepsilon_i \mu_i}{\varepsilon_H} = 1.759 \text{ а.е.м.}$$

средний атомный вес солнечного вещества

λ - длина волны (см)

$\Delta \lambda_D$ - доплеровская полуширина (см)

$\nu = c/\lambda$ (с^{-1})

gf - силы осцилляторов

A_i - доля атомов данного элемента в отношении к водороду N_i/N_H

$$N_i/N_H = 10^{(A_i - 12)}$$

$N_{j,i}/N_{tot,i}$ - доля атомов данного элемента в данной стадии ионизации

i - индекс номера элемента

j - индекс стадии ионизации

ε - потенциал возбуждения нижнего уровня [эВ]

$$\Theta = \lg(e)/kT = 5039.77/T \text{ [эВ}^{-1}\text{]}$$

$$k = 1.380622 (59) 10^{-16} \text{ эрг/К}$$

постоянная Больцмана

$$h = 6.626196 (50) 10^{-27} \text{ эрг/с}$$

постоянная Планка

$$j=0 \quad N_0/N_{tot} = N_0/(N_0 + N_1 + N_2) = 1/(1 + N_1/N_0 + (N_2/N_1) \cdot (N_1/N_0))$$

$$j=1 \quad N_1/N_{tot} = 1/(1/(N_1/N_0) + 1 + N_2/N_1)$$

$$\frac{N_{j+1}}{N_j} = \frac{U_{j+1}}{U_j} \cdot \frac{2}{P_e} \cdot \frac{(2\pi m_e)^{3/2} (kT)^{5/2}}{h^3} \cdot e^{-\frac{\chi_j}{kT}}$$

$$\frac{N_{j+1}}{N_j} = \frac{U_{j+1}}{U_j} \cdot \frac{C_2 T^{5/2}}{P_e} \cdot e^{-C_1 \frac{\chi_j [\text{эВ}]}{T}},$$

$$C_1 = \frac{\chi_{[\text{эВ}]} / \chi_{[\text{эВ}]}]}{k} = 11604.8 \left[\frac{\text{К}}{\text{эВ}} \right]$$

$$C_2 = 2 \frac{(2\pi m_e)^{3/2} \cdot k^{5/2}}{h^3} = 0.666717 \left[\frac{\text{э}}{\text{см} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{К}^{5/2}} \right] \sim \left[\frac{\text{дин}}{\text{К}^{5/2}} \right]$$

Расчетная формула для κ .

$$\kappa_{\lambda_0}^I = C_1 \cdot gf \lambda^2 \cdot 10^{A_i-12} \cdot F(T)$$

$$F(T) = \frac{10^{-\varepsilon \cdot \Theta}}{\Delta \lambda_D U_0} \cdot \left(1 - e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} \right) \cdot P_{i,j}$$

$$P_{i,0} = N_0 / N_{tot} \quad P_{i,1} = N_1 / N_{tot}$$

$$C_2 = + \left(\frac{hc}{k} \right) = 1.438832 \quad [см \cdot K]$$

$$C_1 = \frac{\pi e^2}{m_e c} \cdot \frac{1}{\mu_0 M \sqrt{\pi c}} = 2.654007 \cdot 10^{-2} \left[\frac{(ед.СГСЭ)^2 \cdot c}{г \cdot см} \right] \cdot 6.443049 \cdot 10^{12} \left[\frac{г}{г \cdot см} \right] = 1.709989 \cdot 10^{11} \left[\frac{(ед.СГСЭ)^2 c^2}{г^2 \cdot см^2} \right]$$

Анализ размерностей:

$$\text{Размерность } C_1 = \frac{(ед.СГСЭ)^2 \cdot c^2}{см^2} \cdot \frac{г^2}{г^2} \quad == \text{закон Кулона} \rightarrow \frac{г \cdot см}{г^2} \cdot \frac{г^2}{г^2} = \frac{см}{г}$$

$$\text{Размерность } \kappa \quad - \quad \frac{см^2}{г}$$

$$\kappa \cdot \rho \quad - \quad \frac{1}{см}$$