

Вычисление параметра затухания "а". 1.

Параметр a функции Фойгта $H(a, \nu)$ определяется следующим образом:

$$a = \Gamma \lambda_0^2 / (4\pi \Delta \lambda_D) = 2.6544 \times 10^{-20} \Gamma \lambda_0^2 / \Delta \lambda_D, \quad [1]$$

где λ_0 и $\Delta \lambda_D$ выражены в ангстремах

Полное затухание

$$\Gamma = \gamma_{nat} + \gamma_4 + \gamma_6 \quad [2]$$

вычисляется из трех составляющих – естественного, штарковского и ванн-дер-ваальского уширений. (Последние пропорциональны 4 и 6 степени расстояний между атомами.)

Простейший алгоритм, который широко использовался ранее, можно найти в книге Д.Грей "Наблюдения и анализ звёздных фотосфер" М., Мир. 1980.

На стр. 257 описывается член γ_4 , который отвечает за квадратичный эффект Штарка. Он зависит от некоего коэффициента C_4 , который нужно экспериментально знать для каждой линии. В силу отсутствия информации о C_4 и относительной малости γ_4 в сравнении с γ_6 этим слагаемым часто пренебрегают.

На стр. 259 книги приведена формула, для вычисления γ_6 , определяющего уширение Ван-дер-Ваальса.

$$\lg(\gamma_6) = 19.6 + \frac{2}{5} \lg(C_6) + \lg(P_g) - \frac{7}{10} \lg(T). \quad [3]$$

Здесь T - температура в Кельвинах

P_g - газовое давление (СГСЕ),

$$C_6 = 0.3e^{-30} \left(\frac{1}{(E_i - E_{low} - E_\lambda)^2} - \frac{1}{(E_i - E_{low})^2} \right), \text{ где} \quad [4]$$

где E_i потенциал ионизации [эВ],

E_{low} потенциал возбуждения нижнего уровня [эВ],

$E_\lambda = hc / \lambda$ - энергия фотона

γ_{nat} - естественное затухание в линии. Теоретически, величина $\gamma_{nat} \cdot \Delta \lambda_D$ является константой, определяющей достаточно малый вклад в параметр a .

При вычислении переноса в линии увеличение параметра a означает увеличение суммарного поглощения, и, соответственно, приводит к заметному изменению вычисленных эквивалентных ширин. Таким образом было выяснено, что формула дает недооценку затухания. Эта недооценка различается для разных линий, в среднем она равна двум, поэтому вводят поправочный коэффициент E_{wan}

То есть в конечной формуле учитывается только γ_6 домноженная на коэффициент E_{wan} , который часто просто принимают равным 2.0.

Вычисление параметра затухания "а". 2.

Если известны конкретные значения для $\gamma_{nat}, \gamma_4, \gamma_6$ для конкретных линий, то есть смысл учесть их. Такие данные приведены для многих линий в таблицах

Куруча <http://kurucz.harvard.edu/linelists.html>

и в базе данных VALD <http://vald.inasan.ru/~vald/php/vald.php>

Т.к. величину Γ из формулы [1] трудно наглядно представить в физическом смысле, то сделаем анализ размерностей:

a - безразмерная величина, отсюда размерность $(\Gamma) \cdot [\text{см}^2] = \text{см}/\text{с} \cdot \text{см}$, таким образом, размерность Γ - это $[\text{с}^{-1}]$

Введем более наглядную в сравнении с Γ величину $\Delta\lambda_{Lorenc} = \Gamma \cdot \frac{1}{4\pi c} \cdot \lambda_0^2$ и, соответственно её составляющие:

$$\Delta\lambda_{LorN} = \gamma_{Nat} \cdot \frac{1}{4\pi c} \cdot \lambda_0^2$$

$$\Delta\lambda_{Lor4} = \gamma_4 \cdot \frac{1}{4\pi c} \cdot \lambda_0^2$$

$$\Delta\lambda_{Lor6} = \gamma_6 \cdot \frac{1}{4\pi c} \cdot \lambda_0^2$$

$$\text{Тогда } a = \frac{\Delta\lambda_{LorN} + \Delta\lambda_{Lor4} + \Delta\lambda_{Lor6}}{\Delta\lambda_D}$$

В таблицах Куруча и VALD даны коэффициенты уширения C_{vNat}, C_{v4}, C_{v6} уже поделенные на 4π :

$$\Delta\lambda_{LorN} = C_{vNat} \cdot \frac{\lambda_0^2}{c}$$

$$\Delta\lambda_{Lor4} = C_{v4} \cdot \frac{\lambda_0^2}{c} \cdot N_e \left(\frac{T}{10000} \right)^{0.4}$$

$$\Delta\lambda_{Lor6} = C_{v6} \cdot \frac{\lambda_0^2}{c} \cdot N_H \left(\frac{T}{10000} \right)^{0.4}$$