

Řešení NLTE problému

- rovnice kinetické rovnováhy + rovnice přenosu záření

- dvouhladinový atom: $\chi_\nu = K_{lu} \phi(\nu) + \chi_c$ $K_{lu} = n_e \frac{\pi e^2}{m_e c} f_{lu}$

\rightarrow ~~transport coefficient~~ $L_\nu = \frac{1}{K_{lu} \phi(\nu) + \chi_c}$

\Rightarrow střední volná dráha v čáře $L = \int_0^\infty L_\nu \phi(\nu) d\nu$

- pravděpodobnost zničení fotonu $P_d = \frac{C_{ul}}{C_{ul} + A_{ul}}$

\Rightarrow termalizovaný hloubka τ_{th} tam kde $P_e(\tau_{th}) \approx P_d(\tau_{th})$

$\tau \phi(x_c) = 1$, $x = \frac{\nu - \nu_0}{\Delta \nu_D}$

escape destruction

$P_e(\tau) \approx \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x_c} \phi(x) dx \Rightarrow P_e^D(\tau) = \frac{1}{2} \text{erfc}(x_c) \approx \frac{e^{-x_c^2}}{2\sqrt{\pi} x_c}$

$P_e^V(\tau) \approx \frac{a}{\pi x_c}$

$\Rightarrow P_e^D \approx \frac{1}{2\tau \sqrt{\ln(\frac{\tau}{\sqrt{\pi}})}} \quad , \quad P_e^V \approx \sqrt{\frac{a}{h \tau}}$

- bez kontinua

$S_{lu} = \frac{h\nu A_{ul}}{n_e B_{lu} - n_u B_{ul}} = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\frac{n_e g_u}{n_g e} - 1}$

$\Rightarrow n_e (B_{lu} \bar{J}_{lu} + C_{lu}) = n_u (A_{ul} + B_{ul} \bar{J}_{lu} + C_{ul})$

$S_L = (1 - \epsilon) \bar{J}_{lu} + \epsilon B_{lu}$

$\epsilon = \frac{\epsilon'}{1 + \epsilon'}, \quad \epsilon' = \frac{C_{ul}}{A_{ul}} \left(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT_e}}\right)$

- s kontinuem

$\chi_\nu = \chi_{lu}(\nu) + \chi_c(\nu)$, $\eta_\nu = K_{lu} S_{lu} + \chi_c S_c$

$S_c = \xi B_\nu + (1 - \xi) \bar{J}_c$

- iterativní řešení: Λ -iterace

$$\mu \frac{dI}{dz} = \gamma(z, x) [I(z, x) - S(x)]$$

$$J_v^{(n)}(z_v) = \Lambda_{z_v} [(1 - \epsilon_v) J_v^{(n-1)}] + \Lambda_{z_v} [\epsilon_v B_v]$$

$$S_v^{(n)} = (1 - \epsilon_v) \Lambda_{z_v} [S_v^{(n-1)}] + \epsilon_v B_v$$

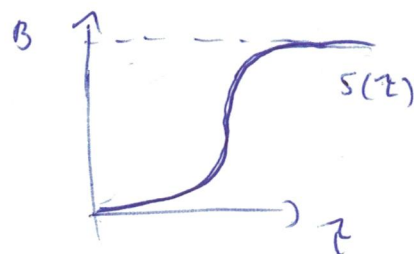
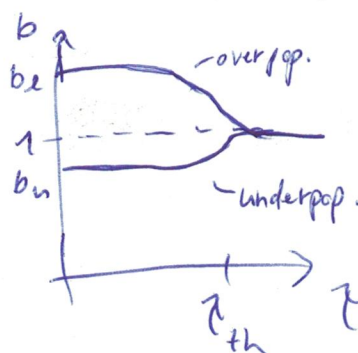
- urychlená Λ -iterace $\Lambda = \Lambda^* + (\Lambda - \Lambda^*)$

- mnohohladinový atom - úplná linearizace, Λ -iterace

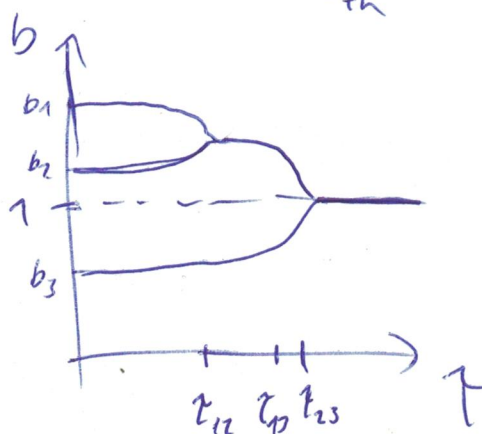
- Základní NLTE efekty:

- dvouhadinový atom

$$S_{lu} = \frac{n_u A_{ul}}{n_e B_{lu} - n_u B_{ul}} \approx \frac{b_u}{b_l} B_u(T)$$



- tríhadinový atom



- efekty pro kontinua

- aktivní - vysoce zotopené prvky
- silná opadba

- pasivní - méně zotopené prvky
- malý příspěvek k opadbě