Thermal bremsstrahlung

EP 2

- volné e^- se pohybují v poli p^+ → zakřivení trajektorie → záření
- interakce s nárazovým parametrem b:

$$|a| \approx \frac{q^2}{m_e b^2} \qquad \Delta t \approx b/v$$

$$\rightarrow \Delta E \approx \frac{q^2 a^2}{c^3}\frac{b}{v} \approx \frac{q^6}{c^3 m_e^2 b^3 v} \approx \frac{q^6 n_i}{c^3 m_e^2 v}$$

$(b \approx n_i^{-1/3})$

střed. hustr.

en. vyzářená v jedn. objemu a jedn. času $= n_e \Delta E\, v$

pro $\omega \gg v/b$ je hustota malá (nulová)

pro $\omega < v/b$ předp. přibližně rovnoměrné rozdělení

en. na jedn. interval frekvence ω

pro $v \approx \sqrt{\frac{k_B T_e}{m_e}}$ a $\omega \in (0, \nu)$

$$j_\nu = \frac{dE}{d\omega\, dt\, dV} \approx \frac{q^6}{m_e^2 c^3}\sqrt{\frac{m_e}{k_B T_e}}\, n_i n_e \propto n^2 T_e^{-1/2}$$

(pro $\hbar\omega < k_B T_e$)

free-free absorption, Kramers' opacity

předp. rozptyl záření na elektronech v poli iontů, ⇒ inverzní proces k thermal bremsstrahlung

četnost procesu absorpce zář. elektronem $\propto n \sigma_{ff} B(\nu)$

$$B(\nu) \propto \frac{\nu^3}{\exp[\frac{h\nu}{k_B T}]-1} \propto \nu^2 T \quad \text{pro } h\nu \ll k_B T$$

hustota b.b. termálního zář.

$$j_\nu \propto n^2 T_e^{-1/2} \propto n \sigma_{ff} B_\nu \propto j_\nu \rightarrow \sigma_{ff} \propto \frac{n}{\nu^2 T^{3/2}}$$

$\oplus$ $\nu \propto T$ → $\sigma_{ff} \propto n T^{-7/2}$ → opacita $\varkappa_{ff} \propto \rho T^{-7/2}$

když se to udělá trochu pořádně a se všemi konstantami, tak se dostane: $\varkappa_{ff} \approx 0{,}62 \times 10^{25} \left(\frac{\rho}{g \cdot cm^{-3}}\right)\left(\frac{T}{K}\right)^{-7/2} cm^2 s^{-1}$

(Kramersova opacita)

nevhodný způsob, pro správné stř. opacitu, celkově s jinou dopadne integrovaní op. záv. na frekvenci $\nu^{-1/2}$