

$$\delta Q = \delta A + dU$$

$$dU = \frac{3}{2} N_r dT_r + \frac{3}{2} T_r dN_r \quad dN_r = 0, \text{ после freeze-out}$$

Внутренняя энергия газа

$$\delta A = p dV = \Rightarrow p 3H V dt = 3HT_a n_a V dt$$

работы газа на расширение

$$\delta Q = (\Delta E_{\text{ср. знач.}} \text{ кон-во взаимодействий в сеч. области}) \prod n_i V dt.$$

$$\Rightarrow y, a, b^+, (ab) = B; \quad \frac{dT_a}{dT}$$

$$1) \bar{a} + b^+ = y + B \quad 2) \bar{a} + b^+ + (B \text{ or } b^+) \rightarrow B + y + (B \text{ or } b^+)$$

$T_a \leftarrow T_y \sim \frac{1}{a} \leftarrow \text{отрицательное перекр. сечение.}$

$$\left(\langle \Delta E \delta \theta \rangle n_a n_b + \frac{2\sqrt{m_a} e^6 \bar{g}_s^2}{m_b T^{5/2}} n_a n_b \cdot \left(\frac{1}{T^3} \right)^3 \cdot \left(\frac{1}{T^3} \right)^3 \cdot N \right) V dt =$$

$\langle \Delta E \delta \theta \rangle$ не узн \rightarrow $\langle \Delta E \delta \theta \rangle$ не узн \rightarrow $\langle \Delta E \delta \theta \rangle$ не узн

$$= (\langle \Delta E \delta \theta \rangle n_a n_b + \chi(T) n_a n_b n_g) V dt = \frac{3}{2} N_a dT_a + 3HT_a V dT$$

$$(\langle \Delta E \delta \theta \rangle + n_b \chi(T_a)) n_a - 3HT_a = \frac{3}{2} n_a \frac{dT_a}{dT}$$

$$(\langle \Delta E \delta \theta \rangle + n_b \chi(T_a)) n_b - 3HT_a = -\frac{3}{2} \frac{dT_a}{dT} HT$$

$$\begin{cases} -dt = \frac{1}{H} \frac{dT}{T} \\ T_y^3 = \kappa T^3 \end{cases}$$

$$h = \tau S = \tau \cdot \frac{2\pi^2 g_s}{45} T^3$$

$$g_s = \sum_{bos} \left(\frac{T_{bos}}{T} \right)^3 + \frac{7}{8} \sum_{ferm} \left(\frac{T_{ferm}}{T} \right)^3$$

$\hookrightarrow \eta = \begin{cases} RD \\ MD \end{cases}$

$$\Rightarrow \left(\langle \Delta E \delta \theta \rangle + \tau_B S \chi(T_a) \right) \frac{\tau_B S}{HT} - \frac{3HT_a}{HT} = -\frac{3}{2} \frac{dT_a}{dT}$$

$\frac{1}{T^3} \sim \frac{1}{T^{5/2}}$

$T_a \text{ меняется}$

$$\frac{dT_a}{dT} = \frac{\tau_B \tau_B S^2}{3HT} \chi(T_a) \quad \text{ур-е на } T_a(T)$$

$$\frac{dT_a}{dT} = \frac{2}{3} \frac{\tau_B \tau_B S^2}{3H} \frac{2\sqrt{m_a} e^6}{m_b T_a^{5/2}} = \lambda(T) d_y \frac{\tau_B S^2}{T_a^{5/2} T} = \tilde{\lambda} d_y \frac{\tau_B T^5}{T_a^{5/2}}$$