

Příklad energie degenerovaného elektronového plynu

Zadání

Inerciální fúze typicky zahrnuje kompresi DT ledu z hustoty pevné fáze 0.25 g/cm^3 na $1000\times$ větší hustotu. Za předpokladu izoentropické komprese při $T = 0$ určete energii na jednotku hmotnosti potřebnou ke kompresi. Srovnajte s energií potřebnou k zahřátí ideálního plynu na zápalnou teplotu 5 keV .

Řešení

počet elektronů na jednotku hmotnosti

$$N_m = \frac{1}{m_p + 3/2 m_n + m_e} \simeq \frac{1}{2.5 m_p}$$

(m_p , m_n , m_e jsou hmotnosti protonu, neutronu a elektronu)
hustota elektronů

$$n_e = \rho N_m = \frac{\rho}{2.5 m_p}$$

energie paliva o hustotě ρ (energií iontů lze zanedbat)

$$E^d(\rho) = N_m \frac{3}{5} \varepsilon_F = \frac{1}{2.5 m_p} \frac{3}{5} \frac{h^2}{2 m_e} \left(\frac{3 \rho}{8\pi \cdot 2.5 m_p} \right)^{2/3}$$

pro kompresi je nutno dodat energii

$$E_{dk} = E_d(\rho = 250 \text{ g/cm}^3) - E_d(\rho = 0.25 \text{ g/cm}^3) = 1.3 \times 10^{10} \text{ J/kg}$$

Ohřev ideálního plynu

$$E^{id} = E_e^{id} + E_i^{id} = (3/2 + 3/2) N_m k_B T = 5.8 \times 10^{11} \text{ J/kg}$$

Ohřev je tedy energeticky asi $40\times$ náročnější než komprese při $T = 0$. Proto se snažíme palivo komprimovat při co nejnižší teplotě a na zápalnou teplotu zahřát jen malou část paliva. Zbytek se ohřeje v důsledku brždění α částic vznikajících při DT fúzi.