

## Vježba 8: Termodinamika ravnotežnih procesa

I. Picek, Fizikalna kozmologija

28. ožujak 2011.

Pri proučavanju problema termodinamike svemira važno je dobro razumjeti termodinamiku ravnoteže, kada je ispunjeno  $\Gamma \gg H$ , gdje je  $\Gamma$  veličina koja opisuje učestalost reakcije pojedine čestice, a  $H$  ekspanziju svemira. Prirodno je pretpostaviti da je distribucijska funkcija  $f_i(\mathbf{p})$  za čestice tipa  $i$  dana sa

$$f_i(\mathbf{p}) = \frac{1}{e^{\frac{E_i(\mathbf{p})}{T}} \pm 1} \quad (1)$$

gdje se uzima '+' predznak za bozone, te '-' za fermione. Gustoća broja čestica je dana sa

$$n_i = \frac{g_i}{(2\pi)^3} \int f_i(\mathbf{p}) d^3p \quad (2)$$

dok je energijska gustoća

$$\rho_i = \frac{g_i}{(2\pi)^3} \int E_i(\mathbf{p}) f_i(\mathbf{p}) d^3p \quad (3)$$

Nađite integrale (2) i (3) u nerelativističkom limesu. Ima li razlike u konačnim izrazima za slučaj bozona i fermiona?

Nađite izraz za  $\langle E \rangle$  u nerelativističkom limesu. Kakvo je fizikalno značenje vašeg izraza za  $\langle E \rangle$ ?