

レポート問題 (Sec.3(a))

- [問題 3.1] 有限温度相転移の場合と同様に、有限密度での相転移が記述できるかどうか、確かめてみよう。
massless free fermion に対して、粒子からの圧力は

$$P_F^{(\text{particle})}/d_F = \frac{7}{8} \frac{\pi^2}{90} T^4 + \frac{\mu_F^2 T^2}{24} + \frac{\mu_F^4}{48\pi^2} \quad (d_Q = 4N_c N_f, \quad d_N = 8)$$

と与えられる。 d_F は fermion 自由度、 μ_F は化学ポテンシャル。

$\mu_N = N_c \mu_Q$ であること、有限温度の場合と同様にクォーク物質の圧力には真空からの補正が加わることに注意して、クォーク物質・核物質 (質量ゼロのクォーク気体・核子気体とする) の圧力を μ_Q の関数として表わせ。相転移は起こるか? 起こるとすればそのときの μ_Q を求めよ。

レポート問題 (Sec.3(b))

- [問題 3.2] (講義で紹介した場合よりさらに) 簡単な状態方程式モデルを考えよう。核子あたりのエネルギーが

$$E = \frac{3}{5} \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m} + \alpha \frac{\rho}{\rho_0} + \beta \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma$$
$$= T_0 u^{2/3} + \alpha u + \beta u^\gamma \quad (u = \rho/\rho_0)$$

と与えられるとする。

$\gamma=7/6, 4/3, 2$ の場合、飽和密度 $\rho_0=0.16 \text{ fm}^{-3}$ 、飽和エネルギー $E_0 = -16 \text{ MeV}$ を再現するようにパラメータ α, β を求めよ。またこの時に非圧縮率 K の値を求めよ。

現象論的には $K \sim 230 \text{ MeV}$ と知られている。 γ の値はどれが適当であるか？