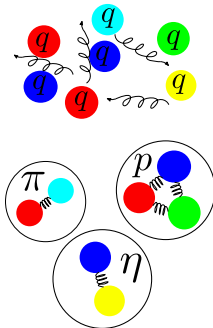


Kan pioner danne stjerner?

- ▶ Nylig: forslag om at pioner kan danne stjerner
- ▶ Kvantekromodynamikk, QCD, er teorien om hvordan kvarker vekselvirker via kjernekraften, også kalt sterk vekselvirkning
- ▶ Bindres til baryoner (f.eks. protoner, nøytroner) og mesoner (f.eks pioner)
- ▶ Må beskrives med effektive teori: bytter ut kvarker/gluoner med baryoner/mesoner

$$\mathcal{L} = \sum_f \bar{q}_f (\gamma^\mu [\partial_\mu - i q \lambda^a A_\mu^a] + m_f) q_f + G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu}$$

kvarker/gluoner



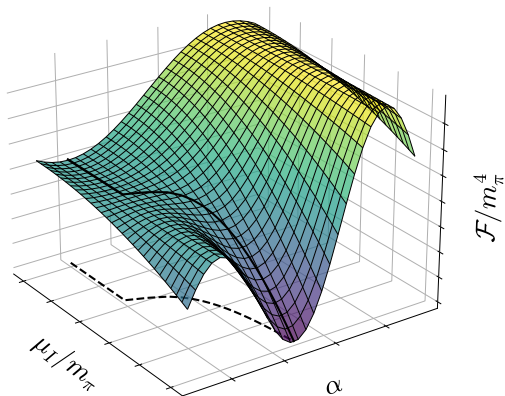
baryoner/mesoner

$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = \frac{1}{4} f^2 \text{Tr} \{ \nabla_\mu \Sigma (\nabla^\mu \Sigma)^\dagger \} + \frac{1}{4} f^2 \text{Tr} \{ \chi^\dagger \Sigma + \Sigma^\dagger \chi \} \dots$$

$$\Sigma(x) = \exp \left\{ i \frac{1}{2f} \pi_a(x) \tau_a \right\}$$

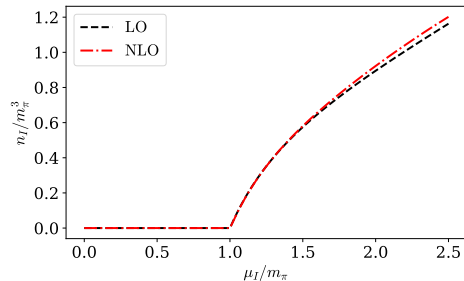
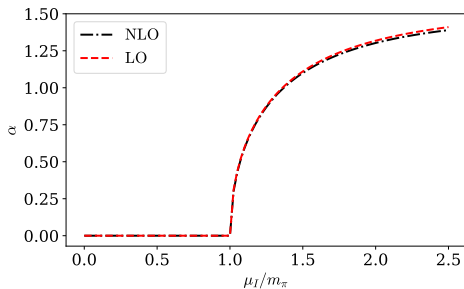
Termodynamikk

- ▶ Fri energi i storkanonisk ensemble,
$$F = -T \ln[\int D\pi \exp(i \int d^4x \mathcal{L} + i\mu_I Q_I)]$$
- ▶ Q_I : isospin, μ_I : kjemisk potensiale
- ▶ Et system i likevekt vil minimere fri energi
- ▶ Når kjemisk potensiale er lik massen til pionene skjer en faseovergang



Pionkondensat

- ▶ Vil få en grunntilstand hvor $\langle \pi \rangle \neq 0$, selv ved $T = 0$
- ▶ Danner et Bose-Einstein kondensat
- ▶ Hypotese: kan danne stjerner
- ▶ Trenger tilstandsligning, relaterer trykk og energitetthet $f(u, P) = 0$
- ▶ (Ja, vi antar stjerner har $T = 0$, men det går greit. Stol på meg)



Tilstandsligning

