

Кварк-глюонная плазма как квантовая жидкость

В.И. Захаров

Институт теоретической и экспериментальной
физики

23 ноября 2011 г.

Основное наблюдение над плазмой

- Ур-ие состояния близко к идеальному газу кварков и глюонов
- Отношение вязкости к удельной энтропии

$$\left(\frac{\eta}{s}\right)_{plasma} \text{ (order unit)} \frac{1}{4\pi}$$

минимальное из известных в Природе
(для ид.газа бесконечность)

Как для двухкомпонентной жидкости

$$\frac{1}{\eta_{tot}} = \frac{c_1}{\eta_1} + \frac{c_2}{\eta_2}$$

Принцип неопределенности в гидродинамике (D.T. Son et al)

Простейшая оценка

$$\eta \approx \frac{1}{3} n p l_{mfp}$$

Из принципа неопределенности

$$p \cdot l_{mfp} \geq h \quad (1985)$$

Из голографических моделей

$$\frac{\eta}{s} \geq \frac{1}{4\pi} \frac{h}{k_B}$$

Плазма: квантовая жидкость

Квантовый образ для низкой вязкости

Низкая вязкость \rightarrow малый потери на тепло
 \rightarrow передача импульса большой массе

В кв. мех.: одно макроскопическое состояние

Аналогия: эффект Мессбауэра
(фононы-тепло, но фононы не возбуждаются)

Сверхтекучесть:

$$\epsilon(p) \neq p^2/2m$$

из-за тождественности макроскопического числа частиц
(Файнман)

Есть ли конденсаты в глюодинамике?

$T = 0$ Конфайнмент как следствие конденсата монополей. Монополи наблюдаются как траектории

Квантовое Броуновское движение

$$\Delta p \sim 1/a, \quad (a \text{ is lattice spacing})$$

В результате

$$r \sim \sqrt{L \cdot a}, \quad (L \text{ length of trajectory})$$

Это неверно для конденсата (бесконечной траектории)

$$r \sim L \quad (\text{no lattice spacing})$$

Аналог эффекта Мессбауэра : нет отдачи инд. монополя
(М.Н. Чернодуб, В.И.З.)

Конденсат при $T > T_c$

Фазовый переход как изменение размерности;

(4d condensate) → (3d condensate)

Конденсат существует. (В теории Янга-Миллса не исключен даже при очень большой температуре)

Известно из решеточных измерений, что конденсат критичен для ур-я состояния

Характер траекторий в конденсате $T > T_c$ не измерен
Влияние на вязкость не измерено

Заключение

- феноменологически, КГП насыщает принцип неопределенности для вязкости: квантовая жидкость
- Конденсат как конкретный квантовый механизм для низкой вязкости
- Решеточные измерения подтверждают существование конденсата в теориях Янга=Миллса, но связь с вязкостью непосредственно (пока) не установлена