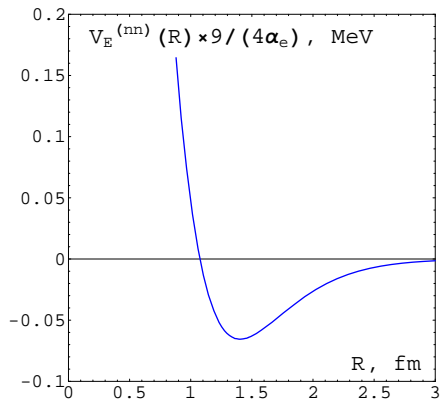
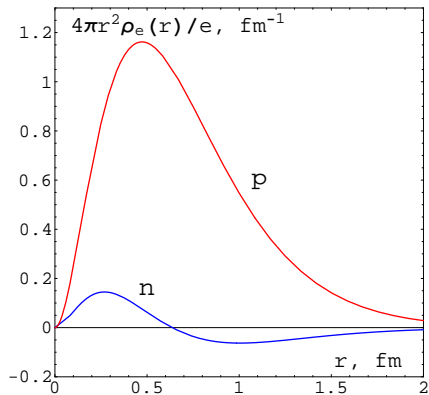


Проблема соответствия между
электростатическим и центральным сильным
взаимодействием нейтронов при низких
энергиях

Антон Годизов

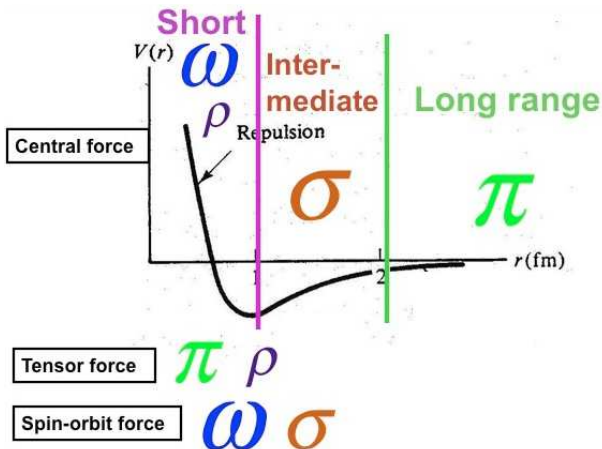
24.12.2014

Потенциал электростатического взаимодействия нейтронов



Центральная часть потенциала сильного взаимодействия нуклонов при низких энергиях

http://www.scholarpedia.org/article/Nuclear_Forces



Предполагаемая структура вектора состояния нейтрона

Ф. Хелзен, А. Мартин, **Кварки и лептоны**. Москва, МИР 1987

$$\begin{aligned} |n \uparrow\rangle &= |n \rangle_{color} \otimes |n \uparrow\rangle_{spin, flavor} \otimes |n \rangle_{space} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{6}} (|1, 2, 3 \rangle_c + |2, 3, 1 \rangle_c + |3, 1, 2 \rangle_c - \\ &\quad - |2, 1, 3 \rangle_c - |1, 3, 2 \rangle_c - |3, 2, 1 \rangle_c) \otimes \\ &\otimes \frac{1}{\sqrt{18}} [2(d \uparrow d \uparrow u \downarrow) - (d \uparrow d \downarrow + d \downarrow d \uparrow) u \uparrow + \\ &\quad + \textit{permutations}] \otimes |n \rangle_{space} . \end{aligned}$$

Основания для выбора симметричной формы волновой функции

- ▶ строгая антисимметрия волновой функции относительно перестановки квантовых чисел тождественных фермионов (статистика Ферми-Дирака);
- ▶ предположение об адекватности изотопического приближения, в рамках которого u -кварк и d -кварк рассматриваются как два состояния одной и той же частицы с разным значением проекции I_3 изоспина;
- ▶ требование цветовой синглетности нуклона (конфайнмент);
- ▶ совместимость структуры $|\psi\rangle_{spin, flavor}$ с эмпирическим соотношением $\mu^{(n)}/\mu^{(p)} \approx -2/3$ между магнитными моментами нуклонов.

Пробный вектор состояния трёхкварковой (барионной) системы спина 1/2

$$\begin{aligned} |\psi \uparrow\rangle &= |\psi\rangle_{\text{flavor}} \otimes |\psi\rangle_{\text{color}} \otimes |\psi\rangle_{\text{spin}} \otimes |\psi\rangle_{\text{space}} = \\ &= |\psi\rangle_{\text{flavor}} \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} (|1, 2, 3\rangle_c - |2, 1, 3\rangle_c) \otimes \\ &\otimes \frac{1}{\sqrt{6}} [2(\uparrow\uparrow\downarrow) - (\uparrow\downarrow + \downarrow\uparrow)\uparrow] \otimes |\psi\rangle_{\text{space}}, \end{aligned}$$

где $|\psi\rangle_{\text{flavor}} = |uud\rangle$ или $|\psi\rangle_{\text{flavor}} = |ddu\rangle$.

$$\langle \psi | \hat{t}_a^{(1,2,3)} | \psi \rangle = 0 \quad (a = 1, \dots, 7),$$

$$\langle \psi | \hat{t}_8^{(1,2)} | \psi \rangle = \frac{1}{2\sqrt{3}},$$

$$\langle \psi | \hat{t}_8^{(3)} | \psi \rangle = -\frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Слабосвязная часть парного взаимодействия между составляющими кварками двух пробных барионных систем

$$\hat{V}^{gl} = \sum_{i,j} \hat{V}_{ij}^{gl} = \frac{\alpha_s}{12} \sum_{i,j} Q_i^{[1]} Q_j^{[2]} \left[\hat{V}_{ij}^{CS} + \hat{V}_{ij}^{CM} \right],$$

где $Q = -1$

для u -кварков при $|\psi\rangle_{\text{flavor}} = |uud\rangle$

и d -кварков при $|\psi\rangle_{\text{flavor}} = |ddu\rangle$,

и $Q = +2$

для d -кварка при $|\psi\rangle_{\text{flavor}} = |uud\rangle$

и u -кварка при $|\psi\rangle_{\text{flavor}} = |ddu\rangle$.

Характерные особенности взаимодействия барионных систем типа $|\psi\rangle$

- ▶ составляющие кварки в состоянии $|\psi\rangle$ взаимодействуют лишь с восьмой компонентой глюонного октета;
- ▶ при излучении отдельных (виртуальных или реальных) глюонов состояние $|\psi\rangle$ не меняет своей цветовой структуры, в силу диагональности матрицы λ_8 ;
- ▶ специфическая структура генератора \hat{t}_8 обеспечивает эффективное короткодействие суммарного потенциала слабосвязных частей парного взаимодействия составляющих кварков, принадлежащих к разным барионам.

- ▶ В КХД существуют калибровка (дополненная, если необходимо, глобальным $SU(3)_c$ преобразованием) и схема перенормировки, совместная с этой калибровкой, в которых вектор состояния покоящегося изолированного нуклона имеет, в основном приближении, рассмотренную выше структуру.
- ▶ В системах низкоэнергетических нуклонов, при взаимодействии на расстояниях более 1 Фм, доминирует слабосвязная часть парного взаимодействия составляющих кварков.

- ▶ Отсутствие обмена цветом при взаимодействии низкоэнергетических нуклонов.
- ▶ Естественным образом возникающее совпадение распределений электрического и эффективного сильного зарядов в нейтроне.
- ▶ Короткодействие эффективного ядерного взаимодействия.

- ▶ Необходимость объяснения одинаковой для всех нуклонов ориентации несинглетной цветовой части вектора состояния.
- ▶ Обязательность излучения мягких глюонов при рассеянии нуклонов (возможность экспериментального подтверждения или опровержения).

Спасибо за внимание!