

5.4. Взаимодействие составных частиц и методы симметрии в ядерной и субъядерной физике

В.Г.Неудачин, neudat@nucl-th.sinp.msu.ru

В.И.Кукулин, kukulin@nucl-th.sinp.msu.ru

1. Продолжено развитие метода пакетной дискретизации континуума, позволяющего решать задачи рассеяния в системе нескольких тел на основе матричных уравнений в представлении стационарных волновых пакетов без использования суперкомпьютеров. Показано, что развал дейтрона при столкновении с нуклоном можно рассматривать как его возбуждение в состоянии дискретизованного континуума NN гамильтониана. В отличие от других подходов амплитуды развала и упругого nd рассеяния находятся из матричных элементов одного и того же оператора перехода, что существенно упрощает решение задачи. Расчеты nd столкновений с использованием реалистических NN потенциалов при энергиях выше порога развала дейтрона проведены на обычном персональном компьютере. Полученные дифференциальные сечения процесса $nd \rightarrow nnp$ для различных конфигураций вылета нейтронов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

2. Предложен новый тип фазово-эквивалентных преобразований двухчастичного взаимодействия DET-PET. Это фазово-эквивалентные преобразования, не изменяющие не только наблюдаемые в рассеянии, но и волновую функцию системы и, как следствие, все наблюдаемые связанных состояний системы, например, дейтрона. Исследованы DET-PET – преобразования нуклон-нуклонного взаимодействия и их проявления в легчайших ядрах. Показано, что в результате DET-PET – преобразования можно существенно изменить энергии связи ядер ${}^3\text{H}$ и ${}^4\text{He}$.

3. Рассмотрены вопросы влияния атомных оболочек на постоянную α -распада тяжелых и средних ядер. Развита метод одновременного учета как изменения формы потенциального барьера, так и эффекта отражения расходящейся кулоновской волны в классически разрешенной области. Для ряда α -распадных изотопов найдены отношения вероятностей распадов в единицу времени “голого” ядра и нейтрального атома. Для долгоживущих изотопов эффект подавления вероятности распада оказался близок к 1%. С ростом энергии распада величина эффекта слегка уменьшается.

4. В явном виде построен новый класс квантовых деформаций для четырехмерных пространств-времени Минковского и Евклида и их суперрасширений. Эти деформации связаны с твистованными деформациями суперсимметрий Пуанкаре и Евклида.

5. Продолжены исследования кварковой и адронной структуры легчайших нуклонных резонансов и работа над релятивистским обобщением кварковой оболочечной модели в рамках релятивистской гамильтоновой динамики. Вычислены формфакторы электровозбуждения легчайших резонансов с полным учетом спиновых эффектов (преобразование Меллоша для трехкварковых волновых функций) в приложении к новым и ожидаемым после модернизации ускорителя в ТЖЛАВ данным при достаточно больших передаваемых импульсах порядка 12 ГэВ^2 .

6. На основе дибарионной концепции ядерных сил построена модель реакции двухпионного рождения в нуклон-нуклонных соударениях $p + n \rightarrow d + (\pi\pi)_0$ при промежуточных энергиях $T_p = 1.0\text{--}1.4 \text{ ГэВ}$. Новая модель позволяет дать непротиворечивое объяснение данным, полученных в первых эксклюзивных экспериментах по исследованию этой реакции, выполненных недавно коллаборацией WASA-at-COSY в Юлихе. В основе предлагаемой модели лежит экспериментально установленный факт рождения дибарионного резонанса с квантовыми числами $I(J^P) = 0(3^+)$ в pn -соударениях. Показано, что интерференция двух каналов распада этого

резонанса – одновременной эмиссии двух пионов с рождением промежуточного σ -мезона и последовательной двухпионной эмиссии через образование изовекторного дибарионного резонанса с $I(J^P) = 1(2^+)$ – дает резкое усиление в спектре инвариантных масс $\pi\pi$ -системы, известное с 1960-х гг. как АВС-эффект. Таким образом, в рамках построенной модели получена принципиально новая интерпретация АВС-эффекта, основанная на механизме рождения сигма-мезонов из возбужденного дибариона. Результаты сравнения теоретических расчетов с экспериментальными данными для распределений по квадратам инвариантных масс $M_{\pi\pi}^2$ и $M_{d\pi}^2$ приведены на Рис. 1.

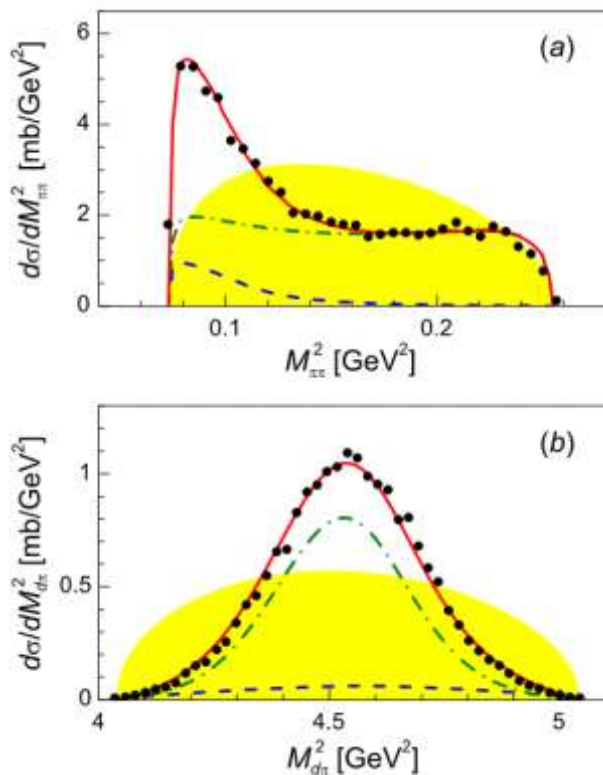


Рис. 1. Дифференциальное сечение реакции $p + n \rightarrow d + \pi^0 \pi^0$ как функция квадрата инвариантной массы $M_{\pi\pi}^2$ (а) и $M_{d\pi}^2$ (б). Кривые: штриховая – вклад механизма рождения σ -мезона, штрих-пунктирная – вклад механизма образования изовекторного дибариона $1(2^+)$, сплошная – полный расчет. Экспериментальные данные (точки) взяты из работы [P. Adlarson *et al.*, Phys. Rev. Lett. 106, 242302 (2011)].

При этом значения массы и ширины σ -мезона, требуемые для воспроизведения АВС-пика, получаются существенно меньше тех значений, которые приняты для свободного σ -мезона. Однако эти низкие значения параметров σ -мезона находятся в согласии с моделями, которые предсказывают эффект частичного восстановления киральной симметрии в адронах при высоких энергиях возбуждения, а также в ядерной материи высокой плотности. Полученный результат объясняется тем, что дибарион $0(3^+)$ представляет собой сильно возбужденный и плотный шестикварковый мешок, и, следовательно, в нем также должно происходить восстановление киральной симметрии. Таким образом, получено первое указание на восстановление киральной симметрии в адронных соударениях при промежуточных энергиях.

В работе принимали участие:

Кукулин В.И., Ланской Д.Е., Неудачин В.Г., Обуховский И.Т., Платонова М.Н., Померанцев В.Н., Рубцова О.А., Свиридова Л.Л., Толстой В.Н., Чувильский Ю.М., Широков А.М., Гнилозуб И.А., Федоров Д.К., аспирант физического факультета МГУ Куликов В.А., аспирант МИФИ Кельвич С.А., а также сотрудники Воронежского и Тихоокеанского госуниверситетов, НИИ автоматики им. Духова, университета штата Айова и Тюбингенского университета.

Работа отражена в публикациях:

1. Rubtsova O.A., Kukulín V.I., Pomerantsev V.N. // Phys. Rev. C, 2012, V. 86, P. 034004/1-16.
2. Кукулин В.И., Рубцова О.А. // Ядерная физика, 2012, Т. 75, № 11, С. 1447-1461.
3. Shirokov A.M., Kulikov V.A., Mazur A.I., Vary J.P., Maris P. // Phys. Rev. C, 2012, V. 85, No 3, P. 034004/1-7.
4. Широков А.М., Куликов В.А., Мазур А.И., Вэри Дж.П., Марис П. // Изв. РАН. Сер. физ., 2012, Т. 76, № 4, С. 554-559.
5. Tchuvil'sky Yu.M. // arXiv:1212.0419 [nucl-th], 2012.
6. Borowiec A., Lukierski J., Mozrzymas M., Tolstoy V.N. // JHEP, 2012, V. 2012, No 6, P.154/1-19.
7. Borowiec A., Lukierski J., Mozrzymas M., Tolstoy V.N. // arXiv:1211.4546 [hep-th], 2012, 12 pp.
8. Platonova M.N., Kukulín V.I. // J. Phys. Conf. Ser., 2012, V. 381, P. 012110/1-6.
9. Platonova M.N., Kukulín V.I. // arXiv:1211.0444 [nucl-th], 2012, 6 pp.