

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

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

1. Предложен новый путь решения квантовых задач рассеяния в системе нескольких частиц. Основная идея этого нового пути – спроектировать многомерные сингулярные уравнения, описывающие рассеяние в системе нескольких частиц в атомной, ядерной и адронной физике, на дискретный базис стационарных волновых пакетов. Это приводит к замене сложных интегральных уравнений, для решения которых необходимы мощные суперкомпьютеры, линейными алгебраическими уравнениями, которые можно решать на обычных персональных компьютерах. В результате использования предложенного подхода кардинально упрощается вся схема решения многочастичных задач рассеяния в квантовой физике и одновременно резко возрастает степень сложности тех задач рассеяния, которые теперь можно точно решать с использованием больших компьютеров и суперкомпьютеров. В отчетном году были проведены расчеты nd столкновений с использованием полностью реалистических NN потенциалов при энергиях выше порога развала дейтрона на обычном ПК. Полученные дифференциальные сечения и поляризационные наблюдаемые хорошо согласуются с результатами, полученными в стандартном подходе на суперкомпьютере [1].

2. В предшествующие годы нашей группой совместно с Тюбингенским университетом была развита принципиально новая модель короткодействующих ядерных сил, основанная на гипотезе о рождении в NN системе на малых межнуклонных расстояниях промежуточного дибариона – многокваркового мешка, одетого мезонными полями. Недавно эта теория получила убедительное экспериментальное подтверждение в работах немецкой группы проф. Клемента, выполненных на установке WASA@COSY в Юлихе. Одновременно несколько экспериментальных групп из Брукхейвенской и Джефферсоновской Национальных лабораторий (США) детально исследовали характер короткодействующих NN корреляций в ядрах и нашли, что полученные ими результаты противоречат принятым сегодня основным концепциям ядерной физики. В недавней работе [2] мы показали, что эти результаты хорошо объясняются в рамках дибарионной концепции ядерных сил. Этот вывод означает необходимость существенной ревизии многих принятых концепций современной ядерной физики.

3. Разработана принципиально новая модель [3] для объяснения классической загадки ABC, известной уже более 50 лет, которая заключается в аномальном надпороговом усилении двухпиконного (2π -) рождения в скаляр-изоскалярном канале в адронных соударениях при энергиях порядка 1 ГэВ. Предложенная модель основана на нетрадиционном дибарионном механизме процесса 2π -рождения, включающем образование и распад промежуточного дибариона с квантовыми числами $J^P I = 3^+ 0$, массой 2.38 ГэВ/ c^2 и шириной 70 МэВ, который недавно был открыт в экспериментах немецкой группы, работающей на установке WASA@COSY в Юлихе. Надпороговое усиление (ABC-эффект) возникает в предложенной модели как следствие излучения легкого скалярного σ -мезона из $3^+ 0$ дибариона. При этом параметры σ -мезона, извлеченные из сечений 2π -рождения в пр-соударениях, явно указывают на эффект восстановления киральной симметрии КХД в возбужденных адронах, до сих пор не подтвержденный ясно в экспериментах. Данный результат, в случае его дальнейшего подтверждения, будет иметь принципиально важное значение для построения адронной и ядерной физики на основе фундаментальных принципов КХД.

4. Разработаны микроскопические модели, позволившие успешно описать новые высокоточные данные по выбиванию мезонов из нуклонов быстрыми электронами и по

электровозбуждению легчайших барионных резонансов, полученные в таких исследовательских центрах как TJNAF (США), MAMI (ФРГ), ОИЯИ. Новым ключевым моментом является использование в волновых функциях легчайших резонансов, наряду с кварковым кором, также другой компоненты - слабосвязанного состояния нуклона и мезона («адронная молекула») [4].

5. Проведены широкомасштабные расчеты спектров легких ядер положительной и отрицательной четности на суперкомпьютерах в модели оболочек без инертного кора с NN-взаимодействием JISP16 и осуществлена экстраполяция полученных результатов на случай бесконечного базиса [5]. Достигнуто хорошее описание экспериментальных данных.

6. Построена алгебраическая версия известной модели условий ортогональности. Показано, что обменные члены кинетической энергии, проекторы запрещенных и полузапрещенных состояний, входящие в уравнение модели, можно эквивалентно представить в виде нелокальных потенциалов таким образом, что уравнение движения может быть записано в чисто алгебраическом (матричном) виде [6].

7. В явном виде представлен класс квантовых деформаций супералгебры Евклида, который описывает некоторую Ли алгебраическую некоммутативность четырехмерного пространства-времени Евклида [7]. Получены новые явные формулы для хопфовой структуры данной супералгебры и описана соответствующая квантовая ковариантная деформация кирального суперпространства Евклида.

В работе принимали участие:

Ланской Д.Е., Куликов В.А., Кукулин В.И., 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., а также сотрудники Воронежского и Тихоокеанского госуниверситетов, НИИ автоматики им. Духова, университета штата Айова и Тюбингенского университета.

Работа отражена в публикациях:

1. Kukulkin V.I., Rubtsova O.A. New Way in Few-Body Scattering Calculations. // *Few-Body Systems*. 2013. vol. 54. pp. 1611-1615.
2. В.И. Кукулин, М.Н. Платонова. Короткодействующие компоненты ядерных сил: эксперимент против мифологии. // *Ядерная физика*, 76: 1549-1565, 2013.
3. M.N. Platonova, V.I. Kukulkin. ABC effect as a signal of chiral symmetry restoration in hadronic collisions. // *Phys. Rev. C* 87, 025202 (2013).
4. I.T. Obukhovskiy, A. Faessler, Th. Gutsche, V.E. Lyubovitskij, Electromagnetic structure of the nucleon and the Roper resonance in a light-front quark approach. // arXiv:1306.3864 [hep-ph].
5. A.M. Shirokov, V.A. Kulikov, P. Maris, A.I. Mazur, J.P. Vary. Inverse scattering NN interaction JISP and *ab initio* theory of light nuclei. // *Вестник ТОГУ* No~2(29), с. 19-30 (2013).
6. S. Yu. Igashov and Yu. M. Tchuvil'sky. Exchange effects in composite-particle interaction. // [EPJ Web of Conferences](#). 2012. V. 38, P.16002 -1 – 16002-6.
7. A. Borowiec, J. Lukierski, M. Mozrzymas and V.N. Tolstoy. New class of quantum deformations of D=4 Euclidean supersymmetry. // *Nankai Series in Pure, Applied Mathematics and Theoretical Physics*, Vol. 11 (2013), p.443-454.