

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АТОМНЫХ ЯДЕР:

ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ ИДЕИ

Агеев Сергей Сергеевич

Шаплуков Дмитрий Яковлевич

Пхаленко Денис Алексеевич

Кукарека Святослав Яковлевич

студент

ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова», г. Элиста

Аннотация. В данной статье представлены некоторые проблемы построения моделей атомных ядер, начиная с теоретических описаний сильного взаимодействия между нуклонами. Основное внимание уделяется статистическим вычислениям и методам анализа связи между объемными свойствами атомных ядер, такими как радиусы и энергии связи, и лежащим в основе микроскопическим описанием ядерного взаимодействия. Подчеркивается важность тщательной калибровки моделей и количественной оценки неопределенности теоретических прогнозов.

Ключевые слова: ядерные взаимодействия, эффективная теория поля, калибровка модели, квантификация неопределенности, оптимизация, оценка байесовского параметра.

Подход к описанию атомных ядер и ядерной материи основан на теоретическом описании взаимодействия между составляющими протонами и нейтронами. Долгосрочная цель этого курса действий состоит в построении моделей для описания и анализа свойств ядерных систем с максимальной предсказательной силой. Конечно, хорошо известно, что элементарными частицами сильно взаимодействующего сектора Стандартной моделью являются кварки и глюоны, а не протоны и нейтроны. Однако, поскольку соответствующие импульсные масштабы типичных явлений ядерной структуры достаточно малы, чтобы не разрешать внутренние степени свободы нуклонов, целесообразно моделировать ядро как совокупность сильно взаимодействующих и точечных нуклонов. Эта идея вдохновила значительные усилия, направленные на разработку алгоритмов и математических подходов для решения многонуклонного уравнения Шредингера снизу вверх и с минимальным количеством неконтролируемых приближений, как это возможно, а также множество теоретических описаний взаимодействия между нуклонами на различных уровнях феноменологии для всеобъемлющих обзоров методов (хоральной) эффективной теории поля. Также предлагает исторический отчет о различных подходах к пониманию ядерного взаимодействия. В настоящее время моделирование атомных ядер сталкивается с двумя основными проблемами.

Мы обладаем ограниченными знаниями о деталях взаимодействия между нуклонами, что в свою очередь ограничивает нашу способность предсказывать ядерные свойства. Учитывая микроскопическое описание взаимодействия между нуклонами внутри ядра, квантово-механическое решение ядерной многотельной задачи усугубляется проблемами размерности. Однако на обеих границах наблюдается непрерывный прогресс, и предпринимаются попытки количественно оценить неопределенность, модельные прогнозы начинают появляться в сообществе. Быстрые алгоритмические достижения в сочетании с резким увеличением доступных вычислительных ресурсов позволяют использовать несколько дополнительных математических методов для решения ядерного уравнения Шредингера. Мы можем в наше время генерировать численные представления микроскопических многоядерных волновых функций для выбранных ядер средней и тяжелой массы с довольно впечатляющей точностью. Хотя несколько наблюдаемых остаются за пределами с помощью современных моделей, например, большинства свойств, связанных с сильно коллективными состояниями, мы все еще можем достаточно хорошо описать некоторые классы наблюдаемых объектов, такие как полные энергии связи основного состояния и радиусы, а иногда и спектры возбуждения с низкой энергией. Таким образом, мы способны анализировать экспериментально значимые ядра непосредственно в терминах квантово-механического описания взаимодействия между составляющими его нуклонами. Действительно, список иногда вопиющих расхождений между теорией и экспериментом дает некоторые из самых интересных вопросов ядерной физики на данный момент. Многие из этих усилий направлены на понимание механизма связывания ядер, места расположения нейтронной капельной линии, существования оболочек и магических чисел в экзотических системах, а также на возникновение ядерного насыщения. Современный теоретический анализ экспериментальных данных указывает на большую и не пренебрежимо малую систематическую погрешность в описании объемных ядерных наблюдаемых объектов. Учитывая высокую точность современных многочастичных методов, большая часть этой неопределенности может быть прослежена до описания взаимодействия потенциал. Хотя существуют модели, которые описывают ядра довольно хорошо, хотя и в ограниченной области, менее ясно, почему другие модели иногда терпят неудачу. Действительно, потенциал взаимодействия воспроизводит несколько ключевых экспериментальных энергии и зарядовых радиусов для атомов, в то время как так называемый потенциал взаимодействия воспроизводит энергии и низкоэнергетических спектров до массы в то время как радиусы недооценивать. Происхождение различий между этими потенциалами неизвестно. Разумеется, роль ядерной теории заключается в том, чтобы сократить разрыв между теорией и экспериментом путем разработки и уточнения теоретических основ модели. Но, учитывая сложную природу атомных ядер, попытка количественно оценить детальную структуру наблюдаемой теоретической

неопределенности имеет большое значение. Это может дать важные подсказки о том, где мы должны сосредоточить наши усилия. Существуют четко определенные методы статистического вывода, которые могут служить дополнительным руководством, и в настоящее время несколько текущих проектов сосредоточены на применении статистических вычислений методы в области моделирования. Тема количественной оценки неопределенности в ядерной физике обсуждалась на ряде семинаров по информации и статистике в области ядерного эксперимента и теории.

Список литературы:

1. Браун, А.Г. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум: Учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. - М.: Инфра-М, 2019. - 352 с.
2. Ланге, В.Н. Физические парадоксы, софизмы и занимательные задачи. Книга 2: Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Оптика. Теория относительности. Атомная и ядерная физика / В.Н. Ланге. - М.: КД Либроком, 2018. - 232 с.
3. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики т.3 Колебания и волны, оптика, атомная и ядерная физика. 15-е и / Г.С. Ландсберг. - М.: Физматлит, 2016. - 664 с.
4. Сивухин, Д.В. Общий курс физики Т.5. Атомная и ядерная физика: Учебное пособие / Д.В. Сивухин. - М.: Физматлит, 2008. - 784 с.
5. Тарасов, Л.М. Экспериментальная ядерная физика. Т. 2. Физика ядерных реакций: Учебник / Л.М. Тарасов, И.Г. Константинова. - СПб.: Лань П, 2016. - 326 с.