

А. И. Серый / A. Sery

*Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина (Брест, Беларусь)*

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ОСНОВНЫХ ТЕОРИЙ ДЕЙТРОНА
В КУРСЕ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА**
**COMPARATIVE CHARACTERISTICS
OF THE MAIN DEUTERON THEORIES
IN THE COURSE OF ATOMIC NUCLEUS PHYSICS**

Обсуждается вопрос о более широком внедрении в вузовский курс физики атомного ядра табличной формы изложения материала. Предложена сравнительная таблица, которая может быть использована при изучении темы «теория дейтрона» в курсе физики атомного ядра.

The issue of wider introduction of tabular presentation of the material into the university course of atomic nucleus physics is discussed. A comparative table is proposed that can be used when studying the topic "deuteron theory" in the course of atomic nucleus physics.

Ключевые слова: дейтрон, ядерные силы, волновая функция.

Keywords: deuteron, nuclear forces, wave function.

Состояние вопроса. Поскольку дейтрон изучается уже на протяжении нескольких десятилетий (примерами публикаций могут быть [1, р. 772–774; 2, р. 77–108; 3, р. 288–293; 4, р. 33–39; 5, р. 222–232; 6, р. 3101]), благодаря накоплению все новых экспериментальных данных происходит совершенствование теоретического описания дейтрона. При этом базовыми программами вузовского курса физики атомного ядра и элементарных частиц во многих случаях предусмотрено знакомство лишь с элементарной теорией дейтрона, а более сложные теории могут присутствовать в учебных программах различных спецкурсов либо исследоваться в рамках выполнения курсовых или дипломных работ.

Современная тенденция к постепенному сокращению аудиторных часов, предусмотренных учебными программами по физике (в том числе по физике атомного ядра), порождает необходимость поиска иных форм изложения

материала (как на лекциях, так и в учебных пособиях), которые отличаются от простого текста. Подходящими элементами опорных конспектов могут служить, в частности, сравнительные таблицы, которые опираются на известный принцип «все познается в сравнении» и призваны снизить роль заучивания наизусть, которое не всегда сопровождается глубоким пониманием. Об этом уже было сказано ранее в другой публикации автора [7, с. 152–154].

Сущность дидактической новации.

В связи с этим представляет интерес, в частности, сравнительная характеристика основных теорий дейтрона. Соответствующий пример представлен ниже в таблице, которая может найти применение в образовательном процессе при изучении физики атомного ядра. При составлении таблицы были использованы сведения, в частности, из [8, с. 63–72; 9, с. 8–12, 31–39].

Таблица – Сравнительная характеристика основных теорий дейтрона

	Элементарная теория дейтрона	Теория, учитывающая нецентральные ядерные силы
С исторической точки зрения	Наиболее ранняя	Более поздняя
Математическая сложность	Более простая	Более сложная
Нецентральные ядерные силы	Не учитываются	Учитываются
Может объяснить значение энергии связи дейтрона	Да	Да
Может объяснить малый радиус действия ядерных сил	Да	Да
Объяснение значения электрического квадрупольного момента	Может качественно объяснить малость его величины, но не может объяснить его отличие от нуля	Может объяснить и малость его величины, и его отличие от нуля
Может объяснить приближенное равенство магнитного момента дейтрона векторной сумме магнитных моментов нуклонов	Да, качественно (но не может объяснить отклонение от точного равенства)	Да (и может также объяснить отклонение от точного равенства)
Учет значений орбитального момента L относительного движения нейтрона и протона	$L = 0$	$L = 0$ с примесью состояния с $L = 2$
Замечания об уравнении Шредингера для дейтрона	Это обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка, решается для сферически симметричного потенциала	Оно сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка

	Элементарная теория дейтрона	Теория, учитывающая нецентральные ядерные силы
Есть ли точное решение уравнения Шредингера	Да (для некоторых потенциалов)	Нет
Примеры волновых функций	а) синусоида, сшиваемая с экспонентой (прямоугольная яма); б) функции Бесселя и Неймана (экспоненциальный потенциал); в) гипергеометрическая функция (потенциал Хюльтена)	Волновые функции со структурой типа Рариты и Швингера

В рамках спецкурсов по физике атомного ядра подобные таблицы могут дополняться новыми вопросами для сравнительной характеристики (поляризуемость и др.), а также применяться для сравнения других, еще более сложных и совершенных теорий дейтрона.

Автор из личного опыта неоднократно убеждался в том, что использование таблиц на лекциях повышает внимание студентов к излагаемому материалу, а по окончании таких лекций они чаще выражают благодарность. При этом, однако, если позволяют временные ресурсы, следует оптимально сочетать использование таблиц с традиционной формой изложения материала, поскольку изложение только в табличной форме следует признать противоположной крайностью. При создании электронных учебно-методических комплексов таблицы могут присутствовать как в основном тексте, так и в приложениях.

Список использованных источников

1. McGee, Ian J. Convenient Analytic Form for the Deuteron Wave Function / Ian J. McGee // *Phys. Rev.* – 18 Nov. 1966. – Vol. 151, № 3. – P. 772–774.
2. Levchuk, M. I. Deuteron Photodisintegration in the Diagrammatic Approach / M. I. Levchuk // *Few-Body Systems* – 1995. – № 19. – P. 77–108.
3. Krutov, A.F. Deuteron and pion formfactors at high momentum transfer and JLab experiments / A.F. Krutov, V.E. Troitsky and N.A. Tsirova // *Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics: Proc. of the XIX Intern. Baldin Seminar on High Energy Physics Problems (Dubna, September 29 – October 4, 2008)*. – Dubna, JINR, 2008. – V.1. – XVI, 325 p. – P. 288–293.
4. Silenko, A.J. Possibility of measurement of the tensor electric and magnetic polarizabilities of the deuteron and other nuclei in experiments with polarized beams / A.J. Silenko // *Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics: Proc. of the XIX Intern. Baldin Seminar on High*

Energy Physics Problems (Dubna, September 29 – October 4, 2008). – Dubna, JINR, 2008. – V.2. – XII, 379 p. – P. 33–39.

5. Zhaba, V. I. Parameterization of the deuteron wave functions and form factors / V. I. Zhaba // World Scientific News – 2017. – № 87. – P. 222–232.

6. Zhaba, V. I. Analytical Forms of the Wave Function in Coordinate Space and Tensor Polarization of the Deuteron for Potentials Nijmegen Group / V. I. Zhaba // Journal of Physical Studies – 2016. – Vol. 20, № 3. – P. 3101(10 p.).

7. Серый, А.И. К методике преподавания темы «Плотность электрического тока» в курсе электродинамики / А.И. Серый // Физико-математическое образование: цели, достижения и перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 25–26 ноября 2021 г. / Белорус. гос. пед. ун-т им. М. Танка; редкол. С. И. Василец, А. Ф. Климович (отв. ред.), В. Р. Соболев [и др.]. – Минск : БГПУ, 2021. – 300 с. – С. 152–154.

8. Маляров, В.В. Основы теории атомного ядра / В.В. Маляров. – М. : Физматгиз, 1967. – 511 с.

9. Ситенко, А.Г. Лекции по теории ядра. / А.Г. Ситенко, В.К. Тартаковский. – М. Атомиздат, 1972. – 351 с.