

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВОЙ ЗАДАЧИ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСТИЦ С КУЛОНОВСКИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

¹Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

²Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова, Дубна, Россия

Одной из простых и наиболее полно разработанных областей применения квантовой механики является теория атомов с одним или двумя электронами. Для водорода и водородоподобных ионов вычисления могут быть выполнены строго как в нерелятивистской волновой механике Шредингера, так и в релятивистской теории электрона Дирака. Точные вычисления являются строгими для электрона в фиксированном кулоновском потенциале. Поэтому водородоподобный атом дает отличный материал для проверки справедливости квантовой механики. Для такого атома поправочные члены, учитывающие движение и структуру атомного ядра, а также квантовоэлектродинамические эффекты, малы и могут быть вычислены с большой точностью. Так как энергетические уровни водорода и водородоподобных атомов можно экспериментально исследовать с поразительной степенью точностью, то оказывается возможной и в какой-то степени точной проверки правильности квантовой электродинамики.

Одна из ключевых задач мюонного катализа — прецизионное исследование слабосвязанных состояний мюонных молекулярных ионов $dd\mu_{11}$ и $dt\mu_{11}$. Энергии этих слабосвязанных состояний определяют скорости резонансного образования мюонных молекул, и в конечном счете определяют ключевые параметры полного цикла мюонного катализа

Молекулярный ион водорода представляет собой простейшую стабильную молекулу, которая может быть изучена как теоретически, так и экспериментально с очень высокой точностью. В последние годы лазерная спектроскопия гетероядерных молекулярных ионов водорода HD^+ достигла впечатляющих успехов [1–3]. Это позволило получить ценную информацию о фундаментальных константах, таких как отношение масс протона к электрону, и установить новые ограничения на возможные проявления новых взаимодействий между адронами, на гипотетическую «пятую силу». H_2^+ трудно изучать экспериментально из-за отсутствия разрешенных электрических дипольных переходов, тем не менее, новые эксперименты, использующие спектроскопию квантовой логики (QLS), планируются в ближайшее время для решения этой проблемы [4]. Во всех случаях очень важно знать силу различных переходов, которые могут быть вызваны лазерным излучением. В наших предыдущих работах [5] исследовались квадрупольные и запрещенные $E1$ -переходы. В настоящей работе мы провели расчеты переходов $M1$ для молекулярного иона водорода H_2^+ при малых и L в нерелятивистском приближении.

Получены данные о магнитных дипольных переходах в молекулярном ионе H_2^+ для широкого диапазона и L , квантовых чисел колебательного и полного орбитального момента. Расчеты выполнены в нерелятивистском приближении. Рассматриваются также эффекты спиновой структуры иона на $M1$ переходы [6]. Численные расчеты проводились на основе «экспоненциального» вариационного разложения.

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан грант, № BR21881941

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. Alighanbari, G.S. Giri, F.L. Constantin, V.I. Korobov, and S. Schiller, Precise test of quantum electrodynamics and determination of fundamental constants with HD^+ ions, *Nature* 581, 152 (2020).
2. S. Patra, M. Germann, J.-Ph. Karr, M. Haidar, L. Hilico, V. I. Korobov, F. M. J. Cozijn, K. S. E. Eikema, W. Ubachs, and J. C. J. Koelemeij, Proton-electron mass ratio from laser spectroscopy of HD^+ at the part-per-trillion level, *Science* 369, 1238 (2020).
3. I. Kortunov, S. Alighanbari, M.G. Hansen, G.S. Giri, S. Schiller, and V.I. Korobov, Proton-electron mass ratio by high-resolution optical spectroscopy of ion ensemble in the resolved-carrier regime. *Nature Phys.* 17, 569 (2021).
4. N. Schwegler, D. Holzapfel, M. Stadler, A. Mitjans, I. Sergachev, J.P. Home, and D. Kienzler, Trapping and ground-state cooling of H_2^+ . arXiv:2212.06456.
5. V.I. Korobov, P. Danev, D. Bakalov, and S. Schiller, Laser-stimulated electric quadrupole transitions in the molecular hydrogen ion H_2^+ . *Phys. Rev. A* 97, 032505 (2018).
6. D. T. Aznabayev, A. K. Bekbaev, and Vladimir I. Korobov, Magnetic dipole transitions in the H_2^+ ion *Phys. Rev. A* 108, 052827 (2023).

Section

Nuclear physics (Section 1)

Primary author: AZNABAYEV, Damir (INP&BLTP)

Co-authors: Mr BEKBAEV, Askhat (INP); KOROBOV, V.I. (BLTP)

Presenter: AZNABAYEV, Damir (INP&BLTP)

Track Classification: The V International Scientific Forum “Nuclear Science and Technologies”: Nuclear physics (Section 1)