

Минеев Ю.В.

старший преподаватель

Восточно-Сибирский институт МВД России

Россия, г. Иркутск

ОБЪЯСНЕНИЕ ОТЛИЧИЙ СПЕКТРОВ ВОДОРОДА, ДЕЙТЕРИЯ И ТРИТИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАНЕТАРНОЙ МОДЕЛИ АТОМА

Аннотация: В статье предлагается корректировка к полуклассической планетарной модели атома водорода по Бору, учитывающая не только притяжение электрона к ядру, но и притяжение ядра к электрону. Введенная корректировка позволяет объяснить отличие спектров водорода, дейтерия и трития. Уточняется значение фундаментальной константы – боровского радиуса.

Ключевые слова: атом, спектр, водород, дейтерий, тритий, боровский радиус.

Mineev Y.V.

Senior lecturer

East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian

Federation

Irkutsk, Russia

AN EXPLANATION OF THE DIFFERENCES BETWEEN THE HYDROGEN, THE DEUTERIUM AND THE TRITIUM SPECTRA BASED ON THE PLANETARY MODEL OF ATOM

Abstract: The paper suggests an adjustment to the semiclassical model of the hydrogen atom according to Bohr, taking into account not only the attraction

of the electron to the nucleus but also the attraction of the nucleus to the electron. This adjustment lets us explain the difference between the hydrogen, the deuterium and the tritium spectra. Here, is being specified the value of the fundamental constant – Bohr radius.

Key words: *atom, spectrum, hydrogen, deuterium, tritium, Bohr radius.*

Автор отдает себе отчет о том, что в настоящее время полуклассическая планетарная модель атома водорода по Бору считается устаревшей, тем не менее, возможности этой модели не исчерпаны.

Значение радиуса первой орбиты электрона в планетарной модели атома водорода (боровского радиуса) рассчитывается исходя из равенства сил взаимодействия электрона с ядром и постулата о равенстве момента количества движения кванту действия – постоянной приведенной Планка: $\frac{e^2}{r^2} = \frac{\hbar^2}{m_e r^3}$, где e – элементарный заряд, r – радиус орбиты, \hbar – постоянная приведенная Планка, m_e – масса покоя электрона. Имея выражение для радиуса орбиты

$$r = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} (1),$$

Из выражения для энергии связи $\mathcal{E} = \frac{\hbar^2}{2m_e r^2} - \frac{e^2}{r}$ нетрудно определить ее величину

$$\mathcal{E} = -\frac{m_e e^4}{2\hbar^2} (2).$$

Однако, данное значение не учитывает движение ядра атома, следовательно, не позволяет объяснить различия в спектрах водорода, дейтерия и трития.

Для решения этой задачи, от нахождения равнодействующей на электрон силы следует перейти к нахождению ускорения. В этом случае систему отсчета следует связать не с ядром, а с точкой, в которой оно находится в начальный момент времени. Тогда, вдоль линии, соединяющей

ядро и электрон, электрон будет двигаться по направлению к ядру с ускорением $\frac{e^2}{m_e r^2}$, а ядро с ускорением $\frac{e^2}{m_{nuc} r^2}$, где m_{nuc} – масса ядра. Эти ускорения будут компенсироваться центростремительным $\frac{\hbar^2}{m_e^2 r^3}$, то есть

$$\frac{e^2}{m_e r^2} + \frac{e^2}{m_{nuc} r^2} = \frac{\hbar^2}{m_e^2 r^3} \quad (3).$$

Откуда для радиуса следует выражение

$$r = \frac{m_{nuc} \hbar^2}{m_e (m_{nuc} + m_e) e^2} \quad (4).$$

Подставляя его в уравнение для энергии получаем

$$\mathcal{E} = \left(\left(\frac{m_e}{m_{nuc}} \right)^2 - 1 \right) \frac{m_e e^4}{2 \hbar^2} \quad (5),$$

что отличается от принятой для атома водорода с неподвижным ядром коэффициентом

$$\left(\frac{m_e}{m_{nuc}} \right)^2 - 1 \quad (6).$$

Из формулы хорошо видно, как увеличение массы ядра влияет на увеличение энергии связи и, следовательно, приводит к уменьшению длины спектральных линий, что прекрасно согласуется с экспериментальными данными. Например, пределом серии Лаймана для водорода является линия 911,753 Å, для дейтерия – 911,505 Å, для трития – 911,422 Å [1].

Используя выражение (4) для радиуса орбиты и современные данные по значениям постоянной приведенной Планка, элементарного заряда, массам протона и электрона можно уточнить значение такой фундаментальной константы, как боровский радиус $a_B = 0,52888916605 \text{ \AA}$. В настоящее время для радиуса Бора приведено значение $a_B = 0,52917720859 \text{ \AA}$ [2].

Использованные источники:

1. *Стриганов А.Р., Свентицкий Н.С.* Таблицы спектральных линий нейтральных и ионизованных атомов. Н, He, Li, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, Cl, Ar, K, Ca, Ti, Fe, Cu, Kr, Xe, Cs. М.: Атомиздат – 1966. 900с. С. 74,75,76.
2. Электронный ресурс <http://www.gao.spb.ru/russian/psas/kodata/> Российский национальный комитет по сбору и оценке численных данных в области науки и техники (КОДАТА). Рабочая группа по фундаментальным физическим константам.