

НАГЛЯДНАЯ МОДЕЛЬ АТОМНОГО ЯДРА

Давно ощущается потребность в простой и наглядной модели атомного ядра, иллюстрирующей основные особенности его строения. Описываемая ниже модель в достаточной мере удовлетворяет этим требованиям и несомненно сможет быть использована с успехом на лекционных демонстрациях, в школах, на выставках и т. п.

Модель¹ состоит из стержневых магнитов («протонов»), плавающих вертикально (при помощи особых поплавков) в сосуде с водой и подобных же стержней мягкого железа («нейтронов»).

Идея использования магнитов для подобных целей не нова. Широко известна модель атома, в которой электроны изображаются вертикально плавающими магнитами с одинаково направленными моментами (см., например²); эти «электроны» взаимно отталкиваются и уплывают к краям сосуда. Если же под последним поместить электромагнит, то при включении тока подходящего знака все «электроны» группируются в ряд концентрических колец («орбит»), число которых определяется числом «электронов».

В предлагаемой модели ядра отталкивание одинаково направленных магнитов («протонов») уравнивается их притяжением к железным стержням («нейтронам»).

Модель позволяет воспроизвести следующие черты строения ядра:

1. Ядра состоят из протонов и нейтронов.

2. Протоны заряжены положительно и отталкиваются друг от друга с силой $\sim r^{-2}$.

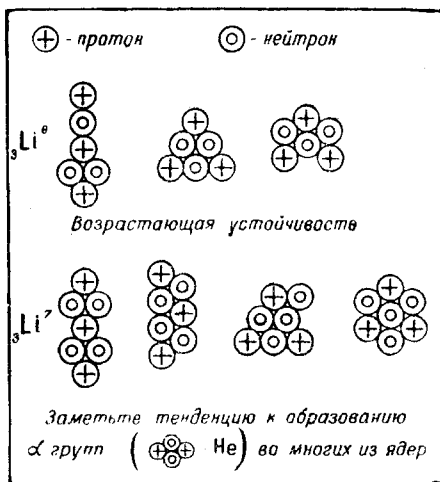
3. Нейтроны не заряжены и электрически не взаимодействуют.

4. Между протоном и нейтроном действует сила притяжения малого радиуса.

5. Эта сила обладает свойством насыщения, т. е. любой третий нуклеон притягивается к паре нуклеонов (например, протон — нейтрон) с силой, меньшей силы притяжения между этими последними двумя нуклеонами.

В рассматриваемой модели электростатическое отталкивание протонов изображается отталкиванием магнитов. Сила отталкивания, правда, $\sim r^{-2}$ только на расстояниях, малых по сравнению с длиной магнита, на больших расстояниях отталкивание падает быстрее. Уменьшение скорости возрастания силы отталкивания на малых расстояниях можно, однако, качественно интерпретировать как влияние короткодействующей «ядерной силы» притяжения между протонами.

Стержни из мягкого железа («нейтроны») не имеют магнитных зарядов и поэтому не взаимодействуют между собой. Это соответствует отсутствию электростатического взаимодействия между нейтронами. Под действием же постоянного магнита индуцируется магнитный момент



противоположного знака. Этот момент обуславливает притяжение между железным стержнем и магнитом, т. е. силу «протон-нейтрон». Из-за зависимости магнитного момента железного стержня от величины индуцирующего поля эта сила притяжения падает с расстоянием быстрее, чем сила отталкивания магнитов. Это соответствует малому радиусу действия ядерной силы между протоном и нейтроном.

«Насыщение» силы притяжения между магнитом и стержнем было бы практически полным в случае их соприкосновения, так как почти все силовые линии магнита прошли бы через железо. Чтобы насыщение было неполное, как это должно быть в ядре (иначе ядра, более сложные, чем дейтероны, не могли бы существовать), диаметр поплавок выбирается достаточно большим.

Существенные недостатки такой модели очевидны: в ней не находят своего отражения ядерные силы взаимодействия между двумя протонами и между двумя нейтронами. Если первый недостаток несколько «смягчается» замедлением роста силы отталкивания магнитов на малых расстояниях (вступает в действие «ядерная сила» притяжения «протонов»), то между «нейтронами», наоборот, действует только сила отталкивания, которая по идее не имеет «электрического» происхождения. Другими словами, в модели «ядерная сила нейтрон-нейтрон» скорее проявляется в виде отталкивания.

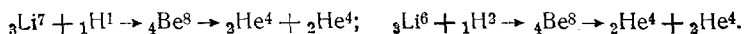
С другой стороны, модель позволяет демонстрировать ряд ядерных явлений.

Так, благодаря трению между стержнями возможны различные устойчивые конфигурации «протонов» и «нейтронов».

Некоторые из этих «изомерных» состояний для «лития» показаны на рисунке. Наиболее устойчивыми оказываются конфигурации с круговым расположением «нуклеонов».

Легко осуществить «ядерные расщепления» при бомбардировке быстрыми «частицами».

Так, если быстро вдвинуть «протон» в «ядро ${}^7_3\text{Li}$ » или «дейтерон» в «ядро ${}^6_3\text{Li}$ », то образуется «составное ядро ${}^8_4\text{Be}$ », которое приблизительно в 10% случаев распадается на две « α -частицы». Это вполне соответствует классическим опытам Кокрофта и Уолтона:



Труднее всего поддаются расщеплению те ядра лития, которые обладают круговым распределением нуклеонов.

При увеличении числа нуклеонов устойчивость ядра при бомбардировке уменьшается. Для ядер с массовыми числами $A = 40-50$; наблюдались случаи «деления» на несколько ядер, содержащих 10 или больше нуклеонов, и на несколько одиночных нуклеонов.

Поскольку на модели не осуществляется процессов, аналогичных β -распаду или K -захвату, то при данном A число устойчивых сочетаний нейтронов и протонов в модели значительно больше действительно наблюдаемого числа. По этой причине, повидимому, и не удается осуществлять деления ядра путём бомбардировки медленными «нейтронами», хотя можно любое ядро расщепить быстрыми «нейтронами» (или любыми другими предметами достаточной энергии).

Л. Белл

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. C. Milner, *Nucleonics* 4, 56 (1949).
2. У. Брегг, О природе вещей, стр. 26. Гос. технико-теоретическое издательство, 1932 г.