



117296 Москва, Ленинский проспект, 64-А, «Квант»
тел. : [095] 930-56-48
e-mail: bquantum@sovam.com (с пометкой «Квант»).

№ 4 - 2000 г. / Из истории науки

А. Васильев

Энрико Ферми

© «Квант»

*Использование или распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск
VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!

<http://vivovoco.nns.ru>
<http://vivovoco.rsl.ru>
<http://www.ibmh.msk.su/vivovoco>

Энрико Ферми

À.ÂÀÑÈËÜÃ

С ОТУЮ КЛЕТКУ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ системе элементов занимает фермий (Fm). Это название «юбилейный» элемент получил в честь великого итальянского физика Энрико Ферми (1901–1954), о котором современники говорили, что он открыл дверь в атомный век человечества. Кроме того, Ферми внес решающий вклад в развитие статистической физики и квантовой теории твердого тела.

Еще в 1926 году Ферми разработал новую разновидность статистической механики, основанную на принципе запрета Паули. Задачей статистической механики, как одного из крупнейших разделов физики, является описание макроскопических тел, т.е. систем, состоящих из большого числа одинаковых частиц (молекул, атомов, электронов), через свойства этих частиц и взаимодействие между ними. Согласно принципу Паули, две тождественные частицы с полуцелым спином не могут одновременно находиться в одном состоянии. Это приводит к тому, что с понижением температуры такие частицы – фермионы – последовательно заполняют состояния с наименьшей возможной энергией. При абсолютном нуле температуры имеются заполненные и пустые состояния, граница между которыми называется уровнем Ферми. Статистика фермионов, каковыми являются, например, барионы, кварки, лептоны, а также электроны и дырки в твердых телах, принципиально отличается от статистики частиц с целочисленным спином, которые стремятся сконденсироваться в одном и том же состоянии при нуле температуры. К таким частицам, которые называются бозонами, относятся фотоны, глюоны и гравитоны, а также составные частицы из четного числа фермионов. В твердых телах бозонами являются, например, кванты колебаний атомов кристаллической решетки – фононы.

В начале 30-х годов Ферми перенес свое внимание на атомное ядро. В 1933 году он предложил теорию бета-распада, позволившую объяснить, каким образом ядро спонтанно испускает электроны и какова при этом роль нейтрино – частиц, лишенных электрического заряда и не поддававшихся тогда экспериментальному обнаружению. Существование таких частиц было постулировано Паули, а название придумано Ферми (экспериментально нейтрино было обнаружено лишь в 1956 году). Теория бета-распада Ферми затрагивала новый тип сил, получивших название слабого взаимодействия. По интенсивности слабое взаимодействие значительно уступает сильному, удерживающему вместе нуклоны, из которых состоит атомное ядро.

В 20-е годы было принято считать, что атом содержит два типа заряженных частиц: положительные протоны, входящие в состав ядра, и отрицательные электроны, обращающиеся вокруг ядра. Физиков интересовало, может ли ядро содержать частицу, лишенную электрического заряда. Эксперименты по обнаружению электронейтральной частицы достигли кульминации в 1932 году, когда Дж.Чедвик открыл нейтрон. Ферми сразу же оценил значение нейтрона как мощного средства инициирования ядерных реакций. Экспериментаторы пытались бомбардировать атомы заряженными частицами, но для преодоления электрического отталкивания заряженные частицы необходимо разгонять на мощных и дорогих ускорителях. Действительно, налетающие электроны отталкиваются атомными электронами, а протоны и альфа-частицы – ядром так, как отталкиваются одноименные электрические заряды. Поскольку нейтрон не имеет электрического заряда, необходимость в ускорителях отпадает.

Значительный прогресс в иницировании ядерных реакций был дос-

тигнут в 1934 году, когда Фредерик Жолио и Ирен Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность. Облучая ядра бора и алюминия альфа-частицами, они впервые создали новые радиоактивные изотопы известных элементов. Продолжая начатую этими исследованиями работу, Ферми и его сотрудники в Риме принялись облучать нейтронами каждый элемент Периодической системы в надежде получить новые радиоактивные изотопы с помощью присоединения нейтронов к ядрам. Первого успеха удалось достичь при бомбардировке фтора, затем были получены сотни новых радиоактивных изотопов. При бомбардировке урана – 92-го элемента, самого тяжелого из встречающихся в природе, – Ферми и его группа получили сложную смесь изотопов. Химический анализ не обнаружил в ней ни изотопов урана, ни изотопов соседнего элемента, более того – результаты анализа исключали присутствие всех элементов с номерами от 86 до 91. Сам того не зная, Ферми вызвал деление урана, расщепив тяжелое ядро на два или большее число осколков и других фрагментов.

Через несколько месяцев после начала экспериментов, в 1935 году, Ферми и его сотрудники обнаружили, что если нейтроны замедлять, пропуская через воду или парафин, то они более эффективно иницируют ядерные реакции. Замедление нейтронов легко объяснить их столкновениями с ядрами водорода (протонами), в больших количествах содержащихся в этих средах. При столкновениях значительная часть кинетической энергии нейтронов передается протонам, поскольку массы этих частиц почти равны, а медленные частицы более эффективно проникают в ядра атомов. (Это связано с тем, что процесс проникновения элементарной частицы в ядро носит резонансный характер. Согласно гипотезе де Бройля, каждая

элементарная частица является одновременно и волной, длина которой зависит от скорости. Атомное ядро также имеет свою длину волны. Когда длины волн элементарной частицы и ядра оказываются одинаковыми, нейтроны легче проникают в глубь ядра.)

В 1938 году Энрико Ферми была присуждена Нобелевская премия по физике. В решении Нобелевского комитета говорилось, что премия присуждена ему за доказательства существования новых радиоактивных элементов, полученных при облучении нейтронами, и связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами. Наряду с выдающимися открытиями Ферми, всеобщее признание получили его искусство экспериментатора, поразительная изобретательность и интуиция, позволившие пролить новый свет на структуру ядра и открыть новые горизонты для будущего развития атомных исследований.

Сразу же по завершении церемонии вручения Нобелевской премии

Ферми отправился в США. Там ему стало известно об открытии Ганом, Мейтнер и Штрассманом расщепления урана при облучении его нейтронами. Физики начали обсуждать возможность цепной реакции. Если всякий раз, когда нейтрон расщепляет атом урана, испускаются новые нейтроны, то они, сталкиваясь с другими атомами урана, порождают новые нейтроны и тем самым вызывают незатухающую цепную реакцию. Так как при каждом делении ядра урана высвобождается большое количество энергии, цепная реакция сопровождается колоссальным ее выделением. Уран, таким образом, оказывается природным аккумулятором энергии, которая может использоваться как в мирных, так и в военных целях.

Ферми руководил строительством первого в мире ядерного реактора, создававшегося из брусков графита. Уран и оксид урана размещались между этими брусками, а в качестве замедлителя реакции применялись кадмиевые стержни, которые эффективно поглощают нейтроны. Эти стер-

жни были медленно выведены из активной зоны реактора 2 декабря 1942 года, и человечество вступило в атомный век своего существования.