

## 2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ

История развития идей радиоактивности тесно связана с обнаружением сложного строения атома и развитием Периодической системы элементов.

Начало экспериментов с трубкой Крукса и газовым разрядом (В.Крукс, 1890). Исследование люминесценции флуоресценции (в частности, дед, отец и сын Беккерели). Открытие X-лучей, проникающих через бумагу, листы фольги и т.п. и заставляющих светиться в темноте картон, покрытый флуоресцирующим веществом – платиносинеродистым барием (К.Рентген, 1895).

Явление радиоактивности соли урана –  $UO_2SO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2H_2O$  (А.Беккерель, 1896). Руды, содержащие уран, обладают радиоактивностью, большей, чем чистый уран. Открытие электрона и определение его массы (Дж.Томсон, 1897). Создание камеры Вильсона (Ч.Вильсон, 1897). Радиоактивность тория (Г.Шмидт, 1898). Выделение полония и радия из урановой руды (М.Склодовская-Кюри, П.Кюри, Ж.Демон, 1898), радон (Э.Резерфорд, август 1899 – торон, т.е. радон-220; основной изотоп радона, радон-222, Дорн, 1900; актинон, А.Дебьерн, 1910), актиний (октябрь, 1899). Состав радиоактивных лучей – альфа- и бета-лучи (Э.Резерфорд, М. и П.Кюри, П. Виллар (1898-1900). Обнаружение способности излучения от солей радия преобразовывать кислород в озон, вызывать потемнение стекла а также цвет кристаллов платиносинеродистого и хлористого бария (П. и М.Кюри, 1899). Открытие гамма-лучей (П.Вийяр, 1900). Введение понятия радиоактивности (М.Кюри, 1901).

Квантовая теория излучения (М.Планк, 1900). Механизм радиоактивного процесса как явления самопроизвольного распада химических элементов (Э.Резерфорд, Ф.Содди, 1902). Модель атома: положительный заряд равномерно распределен по всему объему атома; внутри этого положительно заряженного облака находятся электроны, группирующиеся (если их больше одного) в определенные устойчивые конфигурации (В.Томсон, 1902). Открытие эманации тория (торона) и доказательство, что он – инертный газ (Э.Резерфорд, Ф.Содди, 1902). Осознание возможности того, что испускание радиации приводит к превращению химических элементов. Образование гелия при  $\alpha$ -распаде (В.Рамзай и Ф.Содди, 1903). Измерение коэффициента диффузии эманации радия в воздухе (П.Кюри, Ж.Данн, 1903). Идея радиоактивных рядов – продуктов распада урана и тория (Э.Резерфорд, Ф.Содди, 1903). Слоистая теория строения атома (В.Томсон, 1903). Понятие кванта света (фотона) и фундаментальный закон, связывающий массу с полной внутренней энергией (А.Эйнштейн, 1905). Статистический характер радиоактивных превращений (Э. Швейдлер, 1905). Открытие радиотория ( $^{228}Th$ ) (О.Хан).  $\beta$ -активность калия и рубидия (Н.Кэмпбелл, А.Вуд, 1906). Изучение рассеяния альфа частиц на тонких фольгах (Г.Гейгер, 1908). Характеристическое рентгеновское излучение, как фундаментальное свойство атома (Ч.Баркла, Ч.Сандлер, 1908). Только свинец может быть конечным продуктом уранового ряда (Дж.Грэй, 1909). Измерение заряда электрона (Р.Милликен, 1910). Получение чистого металлического радия (М.Кюри, А.Дебьерн, 1910). Открытие существования атомного ядра (в опытах по рассеянию  $\alpha$ -частиц металлическим фольгами). Ядерная модель строения атома (Э.Резерфорд, 1911). Постоянные распада  $\alpha$ -излучателей связаны с длиной пробега  $\alpha$ -частиц (Г.Гейгер, Дж.Нэтол). Дифракция рентгеновских лучей на кристалле сульфида цинка (М.Лауэ, 1912).

Введение понятие изотопа и изотопия у радиоактивных элементов (Ф.Содди, 1913). Порядковый номер элемента в Периодической Системе равен заряду ядра его атомов (Ван-ден-Брук, 1913). Свойства элементов суть периодической функции зарядов ядер их атомов (Н.Бор, 1912, Г.Мозли, 1914). Теория атома: условие существования стационарных состояний атома; условие частот излучения (Н.Бор, 1913). Закон Мозли: длина волны рентгеновского характеристического излучения элемента определяется зарядом его ядра; зависимость квадратного корня из частоты характеристического излучения от порядкового номера элементов (Г.Мозли, 1913). Формулировка правила сдвига (смещения), согласно которому  $\alpha$ -распад всегда приводит к возникновению изотопа элемента, смещённого на две клетки от исходного к началу периодической системы (и имеющего на четыре единицы меньше атомное число);  $\beta$ -распад приводит к возникновению изотопа элемента, смещённого на одну клетку от исходного к концу периодической системы (и притом с тем же массовым числом) (Ф.Содди, К.Фаянс 1913-14). Разделение химически неделимых радиоэлементов с помощью метода диффузии (Г.Хевеши, 1914). Дифракция гамма-лучей на кристалле (Э.Резерфорд, 1914). Эффект упаковки (В.Гаркинс, Э.Вильсон). Определение понятия химического элемента (Ф.Панет, 1916). Статистическая электронная теория строения атомов и молекул (В.Коссель, Г.Льюис, 1916). Движение электронов в атоме по эллиптическим орбитам, квантовые числа (А.Зоммерфельд, 1916). Изотопы высшего порядка – ядерные изомеры (Ф.Содди, 1917).

Первое искусственное превращение химического элемента (азота – в кислород по реакции  $^{14}N(\alpha,p)^{17}O$  (Э.Резерфорд, 1919). Явление изотопного обмена (Г.Хевеши, 1920). Строение атомов – связь

периодичности их химических и спектральных свойств с характером формирования электронных конфигураций по мере роста заряда ядра (Н.Бор, 1921). Относительная распространенность изотопов данного элемента (Дж.Томсон, 1921). Согласование корпускулярных и волновых свойств излучений в рамках единой теории – корпускулярно-волновой дуализм, идея дифракции электрона (Л. Де Бройль, 1922). Принцип запрета Паули (В.Паули, 1923). Эффект Комптона (А.Комптон, 1923). Магнитный момент ядер (В.Паули, 1923). Экспериментальные доказательства механизма расщепления ядер  $\alpha$ -частицами (П.Блэкетт, 1925). Ядерные реакции под действием ускоренных протонов (Дж.Коккфорд, Э.Уолтон). Волновое уравнение (Э.Шредингер, 1926). Квантовая статистика, описывающая поведение частиц с полуцелым спином (Э.Ферми, П.Дирак, 1926). Соотношение неопределенности (В.Гейзенберг, 1926). Статистическая модель атома (Э.Ферми, Л.Томсон, 1926). Связь квантовой механики с теорией относительности, вывод волнового уравнения, составляющего основу релятивистской квантовой механики (П.Дирак, 1926). Кривая зависимости упаковочных коэффициентов от массовых чисел (Ф.Астон, 1927). Теория  $\alpha$ -распада (Г.Гамов, 1928). Предсказание существования позитрона, П.Дирак, Р.Оппенгеймер, 1930). «Азотная катастрофа», Ф.Розетти, 1930. Гипотеза об отсутствии в ядре электронов, В.А.Амбарцумян, Д.Д.Иваненко, 1930). Возникновение сильнопроникающего излучения при бомбардировке  $\alpha$ -частицами бериллия (нейтроны, В.Боте, Г.Беккер, 1930). Первое предположение существования позитрона (В.Паули, 1930). Постройка циклотрона (Э.Лоуренс, 1931). Открытие дейтерия (Г.Юри, 1932). Доказательство существования нейтрона (Дж.Чэдвиг, 1932). Протонно-нейтронная модель ядра (Д.Д.Иваненко, В.Гейзенберг, 1932). Название нейтрино для нейтральной частицы В.Паули (Э.Ферми, 1932). Возможность существования позитрона (К.Андерсон, 1932). Схема образования нейтрона при облучении бериллия  $\alpha$ -частицами (И. и Ф. Жолио-Кюри, 1933). Свойства нейтрино (В.Паули, 1933). Медленные нейтроны (П.Оже). Теория бета-распада с учетом нейтрино (Э.Ферми, 1933). Образование электрон-позитронных пар из жесткого гамма-кванта (И. и Ф. Жолио-Кюри, 1933).

Искусственная радиоактивность (И. и Ф.Жолио-Кюри, 1934): обнаружение, что при бомбардировке  $\alpha$ -частицами алюминия и бора, возникают радиоактивные изотопы фосфора и азота:  $^{27}\text{Al}(\alpha, n)^{30}\text{P}$  и  $^{10}\text{B}(\alpha, n)^{13}\text{N}$ . Предсказание ядерной изомерии (Г.Гамов, 1934). Возможность осуществления цепной ядерной реакции (Л.Сциллард, 1934). Расчет по уравнению Шредингера последовательности заполнения ядерных уровней (В.Эльзассер, 1934, М.Гепперт-Майер, 1958). Сущность ядерных сил (Х.Юкава, 1935). Радиоактивность калия связана с изотопом  $^{40}\text{K}$  (Г.Хевеши, 1935). Захват орбитального электрона (Х.Юкава, 1935). Ядерная изомерия у естественных (О.Хан, 1921) и искусственных (Б.В.Курчатов, И.В.Курчатов, Л.И.Мысовский 1935) изотопов – существование метастабильных возбужденных ядер с большими (до сотен лет) временами жизни. Причина ядерной изомерии (Г.Ван-Вургис, 1936). Позитронный ( $\beta^+$  - распад) (И.Ф.Жолио-Кюри, 1934), электронный захват: К-захват (Л.Альварец, 1938), L- захват (Б.Пунтекорво, 1949). Ядерные реакции под действием нейтрона (Э.Ферми, 1934). Открытие урана-235 (А.Демпстер, 1935) и франция (М.Перей, 1939). Синтез технеция (К.Перрье, Э.Сегре, 1937). Вынужденное деление урана (О.Хан, Ф.Штрассман, 1938) – распад урана на два осколка примерно равной массы (Л.Мейтнер, О.Фриш, 1939). Конверсионное излучение ядерных изомеров (Л.Русинов, Б.Понтекорво, 1938). Капельная модель ядра - качественная теория деления ядер (Н.Бор, 1939), количественная теория деления ядер (Н.Бор, Дж. Уиллер, 1939). Испускание запаздывающих нейтронов (Р.Робертс, 1939). Синтез нептуния (Э.Макмиллан, П.Абельсон) и плутония (Г.Сиборг, Э.Макмиллан, 1940).

Спонтанное деление урана (К.А.Петржак, Г.Н.Флеров, 1940). Количественный анализ цепной реакции деления урана на медленных нейтронах и формулировка условий ядерного взрыва (Я.Б.Зельдович и Ю.Б.Харитон, 1940). Деление плутония (Дж.Кеннеди, Г.Сиборг, 1941). Идея ряда актинидов (Г.Сиборг, 1945). Открытие прометия (Дж.Маринский) и америция (Г.Сиборг, 1945). Выделение плутония из природного объекта (Г.Сиборг, 1948). Обоснование существования «магических ядер» (М.Гепперт-Майер, 1948). Формулировка актиноидной гипотезы (Г.Сиборг). Синтез берклия (С.Томсон, Г.Сиборг, 1949). Зависимость скорости электронного захвата от химического состояния (Э.Сегре, 1949). Синтез калифорния (С.Томсон, Г.Сиборг, 1950). Синтез в нашу эпоху технеция в некоторых звездах (П.Мерил, 1952). Синтез менделевия (А.Гиорсо, 1955). Экспериментальное подтверждение существования нейтрино (Ч.Козн). Синтез элементов 100 – 114 с использованием пучков ускоренных ионов (Г.Сиборг, А.Гиорсо, Г.Н.Флеров, 1955 – 1995). Точное определение периода полураспада свободного нейтрона, 11,7 мин (П.Е.Спивак, 1959). Протонный распад (В.А.Карнаухов, В.Г.Субботин 1962, и Дж.Черны, 1970) – испускание запаздывающих протонов.

Испускание запаздывающих (длиннопробежных)  $\alpha$ -частиц. Соединения семивалентных нептуния и плутония (Н.Н.Крот, 1967). «Островки стабильности» (Г.Сиборг, 1971).

Бета-распад на связанные состояния атом ( $\beta^-$ -распад полностью ионизированного атома на связанные атомные состояния) (1962). Кластерная радиоактивность (Н.Н.Розе, Д.В.Александров, 1984).