**История физики: строение материи**

Горяев М.А.

К середине 19 века атомно-молекулярная теория строения вещества заняла уже достаточно прочные позиции, и продолжались работы по более глубокому проникновению в микромир. Во второй половине 19 века после появления хороших вакуумных насосов при исследовании электрического разряда в газах были обнаружены катодные лучи, которые вызывали флуоресценцию стекла газоразрядной трубки. Английский ученый Уильям Крукс (1832-1919), который проводил работы в своей частной лаборатории в Лондоне, установил, что они имеют материальную природу и отклоняются в магнитном поле. Он выдвинул гипотезу, что это четвертое "ультрагазообразное" состояние материи. В 1895 г. в споре со сторонниками волновой природы катодных лучей французским физиком Жаном Батистом Перреном (1870-1942) было показано, что это отрицательные электрические заряды. В 1897 г. Томсон экспериментально с использованием воздействия электрического и магнитного поля подтвердил материальную природу новых частиц - электронов и определил для них отношение заряда к массе и скорость.

Томсон Джозеф Джон (18.12.1856-30.08.1940) - английский физик, член Лондонского королевского общества (1884, 1916-20 - президент), многих академий наук, в частности АН СССР (1925), медали Франклина, Фарадея, Хьюза, Копли и др. Родился в Четхем Хилле в семье книготорговца. Окончил Манчестерский (1876 - инженер) и Кембриджский (1880 - бакалавр математики) университеты. В 1884-1919 - профессор Кембриджского университета и директор Кавендишской лаборатории, в 1905-18 - также профессор Королевского института, с 1918 возглавил Тринити колледж в Кембридже.

Работы по проблемам прохождения электрического тока в газах, катодных и рентгеновских лучей, атомной физики. При исследовании катодных лучей открыл первую элементарную частицу - электрон (Нобелевская премия, 1906). В 1897 выдвинул гипотезу о внутриатомных электронах. Обнаружил в 1899 электроны в фототоке и при термоэлектронной эмиссии. Разработал теорию движения электрона в электрическом и магнитном полях. Объяснил происхождение сплошного спектра рентгеновских лучей.

В 1903 предложил одну из первых моделей атома, в 1904 ввел представление о разделении электронов в атоме на группы, различная конфигурация которых определяет периодичность химических элементов. В 1907 предложил принцип масс-спектрометрии, разработал в 1911 метод парабол для определения относительных масс частиц, получил первые экспериментальные данные о существовании изотопов. В классической теории рассеяния определил эффективное сечение для рассеяния света свободными электронами (формула Томсона). Является одним из основоположников электронной теории металлов. Создал большую интернациональную школу физиков-экспериментаторов.

С помощью изобретенной в 1897 г. английским физиком Чарльзом Томсоном Рисом Вильсоном (1869-1959) камеры (Нобелевская премия по физике, 1927) Томсону удалось установить отдельно и заряд, и массу электрона. После 1900 г. в физике уже стало окончательно общепринятым, что электричество имеет дискретную структуру и единица отрицательного электричества - электрон.

В 1895 г. Рентген открыл при исследовании катодных лучей новый вид излучения - Х-лучи, которые обладают рядом замечательных свойств: поразительная проникающая способность, способность вызывать флуоресценцию и фотохимическое действие.

Рентген Вильгельм Конрад (27.03.1845-10.02.1923) - немецкий физик, член-корреспондент Берлинской АН (1896), медаль Румфорда. Родился в Леннепе в семье коммерсанта. Окончил Федеральный технологический институт в Цюрихе (1868), доктор философии (1869, Цюрихский университет). Работал с А.Кундтом в 1869-71 в Цюрихе, в 1871-72 в Вюрцбургском, в 1872-75 в Страсбургском университетах. В 1875-76 - профессор физики Сельскохозяйственной академии в Гогенхейме, 1876-79 - профессор Страсбургского университета. В 1879-88 - профессор университета в Гиссене и директор Физического института, в 1888-1900 - профессор Вюрцбургского университета (с 1894 - ректор), в 1900-20 - профессор Мюнхенского университета и директор Физического института.

Работы в области электромагнетизма, физики кристаллов, оптики, молекулярной физики. Открыл рентгеновские лучи и исследовал их свойства (способность отражаться, поглощаться, ионизировать воздух и т.д.), предложил правильную конструкцию трубки для их получения, сделал первые фотоснимки с применением этих лучей (первая Нобелевская премия по физике, 1901). Открыл в 1885 магнитное поле диэлектрика, движущегося в электрическом поле (рентгенов ток), исследовал свойства жидкостей, газов, кристаллов, открыл взаимосвязь электрических и оптических явлений в кристаллах.

Учениками Рентгена были М.Вин, А.Ф.Иоффе, П.Прингсгейм и др. Его именем названа единица экспозиционной дозы радиоактивного излечения - рентген.

Открытие рентгеновских лучей имело важное значение как для последующих научных исследований, так и для использования в медицине и промышленности.

С самого начала возник спор о природе рентгеновского излучения. В 1912 г. немецкий физик Макс фон Лауэ (1879-1959) провел блестящий эксперимент по дифракции таких лучей на кристаллической решетке (Нобелевская премия по физике, 1914). Из этого эксперимента были сделаны два важных вывода: подтверждалась волновая природа Х-лучей и появилась возможность определить их длину волны, а, зная длину волны, можно было получать данные о структуре кристалла.

Открытие Рентгена дало толчок другому открытию - радиоактивности. Беккерель занимался фосфоресценцией и после опытов Рентгена задался вопросом: не могут ли Х-лучи испускаться фосфоресцирующими телами после длительного облучения солнечным светом.

Беккерель Антуан Анри (15.12.1852-25.08.1908) - французский физик, член Парижской (1889, 1908 - президент) и ряда других академий наук. Родился в Париже в семье известного физика А.Э.Беккереля. Окончил Политехническую школу в Париже (1874), ученая степень по техническим наукам в Высшей школе мостов и дорог (1877). С 1876 - лектор, с1895 - профессор в Политехнической школе, (с 1892 - заведующий кафедрой в Музее естественной истории и Консерватории искусств и ремесел).

Основные работы в области оптики (магнитооптика, фосфоресценция, инфракрасные спектры) и радиоактивности. За открытие явления естественной радиоактивности в 1903 удостоен Нобелевской премии. Пропуская -частицы через пересекающиеся электрическое и магнитное поля, первый измерил удельный заряд этих частиц и установил их схожесть с катодными лучами (1900). В 1901 независимо от П.Кюри обнаружил физиологическое действие радиоактивного излучения и его способность ионизировать газ.

Проводя опыты по фосфоресценции солей урана, Беккерель обнаружил засветку фотопластинки, отделенной от соли черной бумагой. В 1896 г. случайно обнаружилось, что засветка появляется и в темноте, т.е. без возбуждения фосфоресценции. Было также обнаружено, что подобные явления наблюдаются и на других, не фосфоресцирующих солях урана.

В 1897 г. к этим исследованиям подключились Склодовская-Кюри со своим мужем Пьером: ими была открыта радиоактивность тория, а также найдены новые более радиоактивные вещества - полоний и радий.

Склодовская-Кюри Мария (07.11.1867-04.07.1934) - польский и французский физик и химик, член многих академий наук и научных обществ, иностранный член АН СССР (1926), медали Бертело, Дэви, Крессона. Родилась в Варшаве в семье преподавателя физики в гимназии. Окончила Парижский университет (лиценциат по физике - 1893, по математике - 1894, степень доктора - 1903). С 1895 работала в лаборатории П.Кюри в Школе физики и химии (Париж), в 1900-06 - преподаватель физики в Севрской нормальной школе. С 1906 - профессор и заведующая кафедрой Парижского университета, с 1914 - также директор Института радия.

Работы в области радиоактивности. В 1897 начала исследование радиоактивности солей урана и установила, что это свойство атомов урана. В 1898 независимо от Г.Шмидта доказала радиоактивность тория. Заметила повышенную радиоактивность некоторых минералов, содержащих уран и торий. В результате кропотливой работы по разработанному супругами Кюри методу обогащения урановой смолки были открыты в 1898 полоний и радий, а в 1899 - наведенная радиоактивность. В 1911 вместе с французским химиком А.Дебьерном получила металлический радий, определила его атомный вес и место в периодической таблице химических элементов. В 1903 за исследование радиоактивности удостоена Нобелевской премии по физике, а в 1911 за получение металлического радия - Нобелевской премии по химии.

Ввела термин "радиоактивность", разработала основы количественных методов радиоактивных измерений, первая использовала радиоактивность в медицине. В годы первой мировой войны организовала 220 передвижных и стационарных установок для рентгено- и радиологического обслуживания госпиталей Франции. Умерла от лейкемии.

В честь Марии и Пьера Кюри названы 96 химический элемент - кюрий и единица радиоактивности - кюри.

Кюри Пьер (15.05.1859-19.041906) - французский физик, член Парижской АН (1905), медаль Дэви, Маттеучи. Родился в Париже в семье врача. Окончил Парижский университет (бакалавр - 1876, лиценциат по физике - 1878), где в 1878-83 работал ассистентом. В 1883-1904 - руководитель лаборатории в Школе физики и химии, с 1904 - профессор Парижского университета. Трагически погиб в результате несчастного случая.

Работы в области физики кристаллов, магнетизма, радиоактивности. В 1880 вместе с братом минералогом Ж.Кюри открыл прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты, используя который они сконструировали высокочувствительный прибор для измерения малых зарядов и слабых токов. В 1884-85 развил теорию образования кристаллов и исследовал законы симметрии, ввел понятие поверхностной энергии граней и сформулировал общий принцип роста кристаллов, предложил принцип определения симметрии кристалла, находящегося под каким-либо воздействием (принцип Кюри).

Установил в 1895 независимость магнитной восприимчивости диамагнетиков от температуры и ее обратно пропорциональную зависимость от температуры для парамагнетиков (закон Кюри). Открыл для железа существование температуры, выше которой оно теряет ферромагнитные свойства (точка Кюри) и скачкообразно меняются удельная электропроводность и теплоемкость.

С 1897 вместе с женой М.Склодовской-Кюри сосредотачивается на исследовании радиоактивности, и делают ряд выдающихся открытий: новые радиоактивные элементы (полоний и радий), наведенную радиоактивность (Нобелевская премия, 1903). В 1901 обнаружил биологическое действие радиоактивного излучения, в 1903 открыл количественный закон снижения радиоактивности, введя период полураспада, и показал его независимость от внешних условий, что позволило ему предложить метод определения абсолютного возраста земных пород. В 1903 вместе с А.Лабордом обнаружил самопроизвольное выделение тепла солями радия, что свидетельствовало о наличии большой атомной энергии. Организовал промышленную добычу радия на основе разработанной технологии обогащения урановой руды.

Начались широкие исследования свойств новых излучений. В 1899 г. было показано, что в их составе есть два вида излучения, которые Розерфорд назвал - и -излучениями.

Резерфорд Эрнест (30.08.1871-19.10.1937) - английский физик, член Лондонского королевского общества (1903, 1925-30 - президент), всех академий наук, иностранный член АН СССР (1925). Родился в Спринг-Броуве (Новая Зеландия) в многодетной (12 детей) семье строительного рабочего. Окончил Кентербери-колледж в Крайстчерче (1894). В 1895-98 работал в Кавендишской лаборатории у Дж.Дж.Томсона, в 1898-1907 - профессор Макгиллского университета в Монреале, в 1907-19 - профессор Манчестерского университета и директор физической лаборатории. С 1919 - профессор Кембриджского университета и директор Кавендишской лаборатории.

Исследования в области радиоактивности и ядерной физики. Своими фундаментальными открытиями заложил основы учения о радиоактивности и теории строения атома. В 1899 открыл - и -лучи, в 1900 - эманацию тория. Вместе с Ф.Содди в 1902-03 разработал теорию радиоактивного распада и установил закон радиоактивных превращений. В 1903 доказал, что -лучи состоят из положительно заряженных частиц. Предсказал существование трансурановых элементов. За исследования по превращению элементов и химии радиоактивных веществ Резерфорду присуждена Нобелевская премия по химии (1908).

В 1908 вместе с Г.Гейгером сконструировал прибор для регистрации заряженных частиц (счетчик Гейгера) и с его помощью окончательно доказал, что -частицы - дважды ионизованные атомы гелия. Обнаружил и установил закон рассеяния -частиц атомами различных элементов, что привело его к открытию в атоме положительно заряженного ядра и созданию новой планетарной модели атома (модель атома Резерфорда).

Совместно с Э.Адриаде доказал идентичность рентгеновских спектров изотопов, подтвердив равенство их порядковых номеров в периодической таблице, наблюдал дифракцию -лучей на кристалле, доказав их электромагнитную природу. Выдвинул идею об искусственном превращении ядер, в 1919 осуществил первую искусственную ядерную реакцию, заложив основы ядерной физики, открыл протон. В 1920 предсказал существование нейтрона и дейтрона. С М.Олифантом экспериментально доказал справедливость взаимосвязи массы и энергии в ядерных реакциях (1933), в 1934 осуществил реакцию синтеза дейтронов с образованием трития.

Создал большую школу физиков: Г.Гейгер, О.Ган, Г.Мозли, Дж.Чадвик, Н.Бор, П.Блэккет, П.Л.Капица, Дж.Кокрофт, Ю.Б.Харитон, А.И.Лейпунский и др.

Через три года Поль Вийяр (1860-1934) показал, что есть и третья компонента - -лучи. При исследовании -лучей было обнаружено, что e/m зависит от скорости частиц, и это натолкнуло немецкого физика Вальтера Кауфмана (1871-1947) на мысль, что масса электрона в соответствии с выдвинутой немецким физиком Максом Абрагамом (1875-1922) гипотезой имеет отчасти электромагнитное происхождение, т.е. возник вопрос о дуализме частица - волна.

В 1887-88 г.г. Герц, шведский физико-химик Сванте Август Аррениус (1859-1927), Риги установили влияние ультрафиолетового света на электрический разряд, а немецкий физик Вильгельм Людвиг Франц Галльвакс (1859-1922) показал, что при освещении электрода создаются электрические заряды. Так был открыт фотоэлектрический эффект. С 1888 г. исследованием фотоэффекта занимался Столетов и сформулировал основные законы этого явления.

Столетов Александр Григорьевич (29.07.1839-14.05.1896) - русский физик. Родился во Владимире в семье купца. Окончил Московский университет (1860, доктор - 1872). В 1862-66 работал у Г.Магнуса, Г.Кирхгофа, В.Вебера, с 1873 - профессор Московского университета.

Работы в области электромагнетизма, оптики, молекулярной физики, философии науки. В докторской диссертации впервые показал существование максимума в зависимости магнитной восприимчивости железа от величины намагничивающего поля. Впервые снял кривую магнитной проницаемости ферромагнетика (кривая Столетова). Предложил два метода измерения магнитных свойств вещества: метод тороида с замкнутой магнитной цепью и баллистическое измерение намагниченности. В 1888-90 изучал внешний фотоэффект, разработав количественные методы его исследования, создал первый фотоэлемент и применил его на практике. Открыл пропорциональность фототока интенсивности падающего света (1 закон Столетова), явление фотоэлектрического утомления, обнаружил фототок насыщения, показав его независимость от разности потенциалов. Изучая несамостоятельный газовый разряд, установил, что отношение напряженности электрического поля к давлению газа при максимальном токе постоянно (константа Столетова). Исследовал критическое состояние вещества (1892-94).

Создатель первой в России университетской научно-исследовательской лаборатории (1872), был инициатором организации физического института при Московском университете. Автор ряда философских и историко-научных очерков.

Дж.Дж.Томсон определил характеристики носителей заряда при фотоэффекте и пришел к выводу, что это электроны. В 1883 г. американский изобретатель Томас Алва Эдисон (1847-1931) обнаружил испускание отрицательного электричества раскаленной угольной нитью. Томсон также исследовал поток этих частиц и удостоверился, что и это электроны, которые появляются в результате термоэлектронной эмиссии. Таким образом, к концу 19 века окончательно было опровергнуто представление об атомах как неделимых частицах материи и подтверждено существование первой элементарной частицы - электрона.

В самом начале 20 века в продолжение революционных открытий конца 19 века (прежде всего электрона и радиоактивности) были проведены исследования, коренным образом изменившие представления о строении материи.

Проводя исследования радиоактивности тория, Резерфорд обнаружил появление нового радиоактивного газа. Тщательный анализ, проведенный им совместно с английским химиком Фредериком Содди (1877-1956), показал, что новый газ по своим химическим свойствам подобен аргону. Схожие явления были обнаружены и супругами Кюри при изучении радиоактивности радия. Был сделан вывод, что радиоактивность - это атомные явления, в которых рождаются новые виды вещества, происходят химические изменения внутри атома. Резерфорд и Содди установили природу -частиц и составили первые схемы радиоактивного распада, "гениалогические деревья" радиоактивных веществ.

В работах П.Кюри и Резерфорда был установлен экспоненциальный закон убывания радиоактивности и показано, что постоянная радиоактивного распада или период полураспада не меняются под действием любых физических факторов. Это послужило основой способа определения возраста различных материалов. В результате анализа радиоактивных превращений появилось понятие изотопа, и были открыты различные изотопы многих веществ.

В то же время появляются первые модели строения атомов. Дж.Дж.Томсон предложил модель, которую усовершенствовал английский физик лорд Кельвин (Уильям Томсон, 1824-1907). Согласно этой модели атом состоит из электронов, вращающихся в равномерно положительно заряженном пространстве. Однако, здесь возникал ряд проблем: вращающиеся электроны должны были испускать электромагнитные волны и создавать магнитные поля. В итоге модель Томсона не выдержала ни критики теоретиков, ни опытной проверки.

В 1904 г. японский физик Хантаро Нагаока (1865-1950) предложил модель, развитую впоследствии Резерфордом, о существовании центрального положительного ядра, вокруг которого располагаются электроны. Эта модель позволяла объяснить эксперимент по прохождению -частиц через тонкие металлические пластинки.

В 1913 г. голландский физик Антониус Ван ден Брук (1870-1926) выдвинул идею об атомном номере, предположив, что ядерный заряд равен порядковому номеру элемента в периодической системе Менделеева.

В том же году английский физик Генри Мозли (1887-1915) установил свой закон о том, что частота основных спектральных линий рентгеновских лучей пропорциональна квадрату числа, которое изменяется на единицу при переходе от одного элемента к соседнему. Он однозначно связал эту величину с зарядом внутреннего ядра.

В 1920 г. английский физик Джеймс Чадвик (1891-1974) по отклонению -частиц при столкновении с различными металлами установил, что ядерные заряды меди серебра и платины равны 29,3; 46,3 и 77,4, что практически соответствует их атомным номерам: 29, 47 и 78. Все это было подтверждением модели Резерфорда. Сам Резерфорд при бомбардировке азота -частицами получил протоны, осуществив тем самым первую ядерную реакцию: захват -частицы ядром азота с последующим расщеплением на протон и атом кислорода.

В 1912 г. Дж.Дж.Томсон вслед за Содди, который ввел понятие изотопов для радиоактивных элементов, обнаружил изотопы неона. Уже после войны в 1919 г. Астон, сконструировав масс-спектрограф, подтвердил существование двух изотопов неона, а позднее обнаружил наличие изотопов у многих элементов.

Астон Френсис Уильям (01.09.1877-20.11.1945) - английский физик и химик, член Лондонского королевского общества (1921), иностранный член-корреспондент АН СССР (1924). Родился в Хорборне в семье фермера и торговца. Окончил Бирмингемский университет (1898), где работал в 1903-09. В 1910-19 - в Кавендишской лаборатории, с 1919 - в Тринити колледж Кембриджского университета.

Работы в области атомной и ядерной физики, радиохимии. С помощью сконструированного масс-спектрометра открыл большое количество изотопов у многих химических элементов и изучил их закономерности (Нобелевская премия по химии, 1922). В 1913 предложил метод газовой диффузии для разделения изотопов, в 1919 - электромагнитный метод. Постоянно повышая разрешающую способность создаваемых им спектрометров, измерил с большой точностью атомные массы элементов и показал, что масса ядра отличается от суммы масс входящих в него частиц. Определив дефекты масс ядер различных изотопов, в 1927 построил первую кривую упаковочных коэффициентов, характеризующих энергию связи атомных ядер. Открыл изотоп уран-238 (1931).

Открытие изотопов еще более усложнило вопрос о строении материи. Но сейчас превалирует концепция, что отдельным элементом считается вещество с определенным зарядом, отвечавшим за его химические свойства, а у элемента есть изотопы, отличающиеся рядом физических свойств: масса, радиоактивность, спектр рентгеновского излучения.

В своих исследованиях Астон заметил, что с ростом порядкового номера элемента наблюдается отклонение от "правила целого числа". В 1920 г. ему пришла идея объяснения этого дефекта массы с использованием выводов теории относительности: при соединении нескольких протонов в ядро часть массы переходит в энергию связи. И это до сих пор является основой развивающейся теории ядра, а также всей ядерной энергетики.

Принципиальным развитием модели Резерфорда было предложение в 1913 г. Бором своей теории электронных орбит. Одной из предпосылок этой теории были серии спектральных линий водорода, обнаруженные в 1885 г. швейцарским ученым Иоганном Якобом Бальмером (1825-1898), в 1906 г. американским физиком Теодором Лайманом (1874-1954) и в 1909 г. немецким физиком Фридрихом Пашеном (1865-1947). Эти серии в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра подчинялись очень простой закономерности: частоты были пропорциональны разности обратных квадратов целых чисел. Бор объяснил устойчивость планетарной модели атома и одновременно эти спектральные данные с позиций квантовой теории, введя понятие стационарных состояний для электронов (главное квантовое число), между которыми только и могут совершаться переходы с излучением. Проведенные расчеты для атома водорода дали хорошее согласие с экспериментом, но для других элементов получалось расхождение с опытными данными. Позднее немецкий физик Арнольд Иоганн Вильгельм Зоммерфельд (1868-1951) развил модель Бора, введя в рассмотрение эллиптические орбиты (радиальное и азимутальное квантовые числа) и зависимость массы от скорости. Это несколько улучшило теорию, но полного объяснения экспериментальных результатов не дало.

Эти теории были полуклассическими, т.е. в классическую картину вводились квантовые ограничения, и поэтому требовали развития. В 1918 г. Бор сформулировал принцип соответствия: при разработке теории следует руководствоваться тем, что при увеличении квантового числа описание системы должно асимптотически приближаться к классическому. Т.е. законы новой физики должны переходить в классические, когда квантовая дискретность стремится к нулю.

Вместе с тем, при развитии теории строения материи появляется ряд законов, которые не имеют аналогов в классической физике. Так в 1925 г. Паули сформулировал свой запрет о невозможности существования двух одинаковых электронных состояний, который не имеет вразумительного объяснения, но использование его на практике дает хорошие результаты. С применением запрета Паули и принципа насыщения уровней к 1927 г. была в целом построена электронная структура всех известных к тому времени 92 элементов. Создание структуры электронных оболочек атомов позволила объяснить периодический закон Менделеева и многие химические свойства различных элементов (валентность, окислительно-восстановительные свойства и т.п.)

Далее продолжалось уверенное развитие квантовой теории и применение ее к описанию строения материи, начиная от атомов и молекул и кончая твердым телом. Развитие физики твердого тела тесно связано с именами немецкого физика Вальтера Шоттки (1886-1976), американского физика Феликса Блоха (1905-1983), французского физика Леона Бриллюэна (1889-1969) и других, заложивших основы зонной теории твердого тела. Применение этой теории стимулировало развитие новых областей техники, в частности, техники полупроводниковых приборов. В конце 40-х годов американские физики Джон Бардин (р.1908), Уолтер Браттейн (1902-1987) и Уильям Брэдфорд Шокли (1910-1989) построили первые полупроводниковые транзисторы (Нобелевская премия по физике, 1956), обеспечившие бурное развитие техники. В настоящее время полупроводниковая техника и микроэлектроника интенсивно развиваются как за счет использования новых физических представлений, так и в результате совершенствования технологии.

В 20-х годах 20 века интенсивно продолжались работы по более глубокому изучению строения материи. В 1925 г. по предложению Резерфорда Блекетт провел тщательный эксперимент, в котором впервые наблюдал появление протона в первой ядерной реакции (Нобелевская премия по физике, 1948), правильно интерпретированной самим Резерфордом. В 1928 г. русско-американский физик Георгий Антонович Гамов (1904-1968) развил теорию о туннельном эффекте, в соответствии с которой более эффективными "снарядами" для бомбардировки ядер являются протоны, а не -частицы. В связи с этим началась разработка методов получения высокоэнергетичных протонов. Оригинальный и наиболее эффективный способ ускорения заряженных частиц предложил американский физик Эрнест Орландо Лоуренс (1901-1960) и создал в 1930-32 г.г. первые циклотроны (Нобелевская премия по физике, 1939).

В 1932 г. в лаборатории Резерфорда английский физик Джон Дуглас Кокрофт (1897-1967) и ирландский физик Эрнест Томас Синтон Уолтон (р.1903) с помощью протонов, полученных на ускорителе собственной конструкции, расщепили ядро лития с образованием двух -частиц (Нобелевская премия по физике, 1951). При этом было экспериментально доказано, что вещество преобразуется в энергию в соответствии с идеей Астона и теорией относительности.

В том же году на основании экспериментов по бомбардировке бериллия и лития -излучения, проведенных супругами Жолио-Кюри, Чадвик открыл нейтрон (Нобелевская премия по физике, 1935), а американский физик Гарольд Клейтон Юри (1893-1981) открыл дейтерий (Нобелевская премия по физике, 1934).

Жолио-Кюри Ирэн (12.09.1897-17.03.1955) – французский физик и радиохимик, почетный член ряда академий наук и научных обществ, иностранный член-корреспондент АН СССР (1947), медали Маттеучи, Лавуазье. Родилась в Париже в семье П.Кюри и М.Склодовской-Кюри. Окончила Парижский университет (1920), степень доктора – 1925. С 1918 работала под руководством М.Кюри в Институте радия, с 1934 – директор Института радия и заведующая кафедрой физики Парижского университета. В 1936 – помощник статс-секретаря по научно-исследовательским делам в правительстве Франции, в 1946-50 вела большую работу в Комиссариате по атомной энергии.

Работы в области радиоактивности, ядерной физики, ядерной химии. В 1934 вместе с Ф.Жолио-Кюри открыла явление искусственной радиоактивности (Нобелевская премия по химии, 1935) и получила искусственные радиоактивные изотопы. В том же году они открыли позитронную радиоактивность. В 1931 при исследовании излучения бериллия при бомбардировке -частицами они сделали вывод о корпускулярной природе этого излучения, что привело к открытию нейтрона Дж.Чадвиком. В 1938 Ирен совместно с П.Савичем установили появление лантана при облучении нейтронами урана, на основании чего О.Ган и Ф.Штрассман открыли явление деления ядер урана.

Занималась общественной деятельностью, во время оккупации Франции (1940-44) вела активную антифашистскую борьбу, после войны выступала против использования атомной энергии в военных целях, была членом Всемирного Совета Мира.

Жолио-Кюри Фредерик (19.03.1900-14.08.1958) – французский физик, член Парижской (1943) и многих других академий наук и научных обществ, иностранный член АН СССР (1947), медали П.Кюри, Маттеучи, Барнарда, Хьюза, Лавуазье. Родился в Париже в семье коммерсанта. Окончил Школу физики и химии (Париж, 1923), степень доктора (1930). В 1925-30 работал в Институте радия и преподавал в различных учебных заведениях (Париж). В 1926 женился на И.Кюри и с 1928 появляются их общие работы, подписываемые с 1934 Жолио-Кюри. С 1930 – научный сотрудник Национального фонда наук, с 1932 также преподавал в Сорбонне. С 1937 – профессор Коллеж де Франс и одновременно руководитель лаборатории атомного синтеза в Национальном центре научных исследований (в 1944-45 – директор). В 1946-50 – верховный комиссар организованного по его инициативе Комиссариата по атомной энергии, в мае 1950 правительство Франции отстранило его от руководства из-за отказа вести ядерные исследования в военных целях. С 1956 – профессор Парижского университета, руководитель лаборатории в Институте радия и директор Института ядерной физики в Орсе.

Работы в области ядерной физики, ядерной химии, ядерной техники. Вместе с И.Кюри в 1928 начал исследование ядерных реакций при облучении легких ядер -частицами. Обнаружили способность бериллиевого излучения выбивать ядра водорода, гелия и азота. Дж.Чадвик показал, что ответственным за этот процесс является поток нейтронов. В 1934 Ф.Жолио-Кюри показал, что масса нейтрона больше массы протона, что свидетельствовало о нестабильности нейтрона. В 1933 супруги Жолио-Кюри впервые получили фотографию со следами электрона и позитрона, рожденных -квантом (образование пар), а Ф.Жолио-Кюри вместе с Ж.Тибо первыми наблюдали аннигиляцию электронов и позитронов.

В 1935 супруги Жолио-Кюри получили Нобелевскую премию за открытие искусственной радиоактивности, вызванной быстрыми -частицами. Они предсказали, что искусственная радиоактивность может быть также вызвана нейтронами, дейтронами, протонами. Ф.Жолио-Кюри почти одновременно с О.Ганом и Ф.Штрассманом экспериментально открыл деление урана и одним из первых пришел показал возможность развития цепной ядерной реакции с выделением огромной энергии вследствие появления вторичных нейтронов. В 1939-40 разработал ряд технологических проектов освобождения ядерной энергии и начал с сотрудниками работы по созданию ядерного реактора на тяжелой воде, которые были прерваны из-за оккупации Франции фашистами. В 1940-44 был участником Движения Сопротивления, возглавлял "Национальный фронт", в его лаборатории изготовлялась взрывчатка. После войны возобновляет ядерные исследования, в 1948 осуществляет запуск первого французского циклотрона и экспериментального ядерного реактора на тяжелой воде.

Ф.Жолио-Кюри - выдающийся общественный деятель, с 1950 - председатель Всемирного Совета Мира, в 1951 удостоен Международной Ленинской премии "За укрепление мира между народами". Президент Французского физико-химического общества (1936-38), один из основателей и президент (с 1946) Всемирной федерации научных работников, с 1947 президент общества "Франция-СССР".

Открытие нейтрона и дейтерия почти сразу привело к изменению представлений о строении атома и советский физик Дмитрий Дмитриевич Иваненко (1904-1994) предложил протонно-нейтронную модель ядра, которая стала господствующей в физике.

В 1933-34 г.г. супруги Жолио-Кюри, проводя бомбардировку -частицами легких элементов (B, Al, Mg), установили испускание позитронов, а также образование новых искусственных радиоактивных элементов. В дальнейшем работы по получению радиоактивных изотопов были продолжены с применением бомбардировки ускоренными протонами и дейтонами. В 1934 г. Ферми предложил бомбардировку нейтронами и показал, что ее эффективность существенно повышается при использовании медленных нейтронов. С применением бомбардировки нейтронами Ферми с сотрудниками, а также немецким ученым Отто Гану (1879-1968) и Лизе Мейтнер (1878-1968) удалось открыть первые трансурановые элементы: нептуний и плутоний.

При бомбардировке урана нейтронами в 1938 г. Ган совместно с немецким физиком и химиком Фрицем Штрассманом (1902-1980) открыл деление ядер урана (Нобелевская премия по химии, 1944). Это явление было практически одновременно правильно интерпретировано как ими самими, так и Лизе Мейтнер, немецко-английским физиком Отто Робертом Фришем (1904-1979) и Фредерико Жолио-Кюри. Мейтнер и Жолио-Кюри предсказали возможность развития цепной реакции вследствие освобождения избыточного числа нейтронов при делении. Развитие этого представления нашло реализацию в создании промышленных ядерных реакторов (в дальнейшем - атомной энергетики) и атомной бомбы с использованием ядерных реакций деления урана-235 и плутония.

В 1934 г. при исследовании космических лучей Андерсон обнаружил, а в 1937 окончательно подтвердил открытие нового типа частиц - мезонов, возможность существования которых теоретически показал Юкава.

Юкава Хидэки (1907-1981) – японский физик, член Японской (1946) и ряда других академий наук, иностранный член АН СССР (1966). Родился в Токио в семье профессора геологии. Окончил университет в Киото (1929 - магистр). В 1932-33 там же преподавал, 1933-39 – в университете в Осаке, с 1939 - в Киотском императорском университете, 1953-70 – там же директор Института фундаментальной физики.

Работы в области квантовой механики, ядерной и мезонной физики, теории элементарных частиц. Развивая идеи И.Е.Тамма и Д.Д.Иваненко об обменном характере ядерных сил, в 1935 выдвинул гипотезу о частицах с массой около 200 электронных масс (мезонов), ответственных за перенос ядерного взаимодействия между нуклонами (Нобелевская премия, 1949). -мезоны были обнаружены экспериментально в 1947. Развил основные положения мезонной теории, получил выражение для взаимодействия нуклонов (потенциал Юкавы). Совместно с С.Сакатой предсказал в 1935 К-захват, в 1938 построил скалярную теорию ядерных сил и ввел нейтральный мезон для объяснения зарядовой независимости ядерных сил. В 1953 выдвинул идею промежуточного бозона.

Но вскоре выяснилось, что обнаруженные частиц по ряду своих параметров отличаются от мезонов, ответственных за перенос ядерного взаимодействия. И только в 1947 г. были открыты частицы, полностью соответствующие предсказаниям японского физика-теоретика. В то же время появилась идея о поле ядерных сил, обеспечивающем устойчивость ядра и природа которого еще до конца не ясна. Характерными особенностями этих сил являются очень малый радиус действия и чрезвычайная интенсивность. Существует капельная модель ядра, предложенная Бором.

Во второй половине 20 века при исследовании ядерных реакций было открыто множество элементарных частиц, большой вклад в систематизацию которых внес Гелл-Манн.

Гелл-Манн Мюррей (р.15.09.1929) - американский физик, член Национальной АН (1960), Лондонского королевского общества, премии Хейнемана и Лоуренса, медали Франклина и Карти. Родился в Нью-Йорке в семье эмигрантов из Австрии. В пятнадцатилетнем возрасте поступил и в 1948 окончил Йельский университет, степень доктора - 1951 (Массачузетский технологический институт). В 1952-54 работает в Чикагском университете, с 1954 - в Калифорнийском технологическом институте (с 1956 - профессор).

Работы в области квантовой теории поля, ядерной физики, физики элементарных частиц. В 1953 ввел понятие странности - нового квантового числа для характеристики элементарных частиц и открыл закон ее сохранения. В рамках своей схемы классификации частиц предсказал новые частицы, выдвинул модель "глобальной симметрии". Совместно с Р.Фейнманом разработал теорию слабого взаимодействия (1958). В 1961 предложил модель векторной доминантности и независимо от Ю.Неемана систематику элементарных частиц (система симметрий Гелл-Манна - Неемана), с помощью которой предсказал новую элементарную частицу (экспериментально обнаружена в 1964). Независимо от других выдвинул гипотезу кварков (1964) и глюонов (1973). За открытия, связанные с классификацией элементарных частиц и их взаимодействий, удостоен Нобелевской премии по физике в 1969 г.

Современные физики, постоянно совершенствуя методы исследования, получают новые экспериментальные и теоретические результаты, и развитие учения о строении материи продолжается.