**Радиоактивные явления. Марио Льоцци: из истории физики**

Савельева Ф.Н., к.т.н.

**Радиоактивные вещества**

Попадая на стенки стеклянной трубки, катодные лучи вызывают там флуоресценцию; флуоресцирующая часть трубки является источником рентгеновских лучей. Связаны ли между собой эти два явления, совпадающие во времени и в пространстве,— флуоресценция и испускание рентгеновских лучей? Этот вопрос даже не возник бы, если бы рентгеновские лучи были с самого начала получены в трубке типа «фокус». Но поскольку, как сообщил Рентген в своей первой работе, они получаются в простой разрядной трубке, такой вопрос вполне закономерен.

Этот вопрос поставил перед собой Анри Беккерель (1832—1108), один из славной династии выдающихся физиков, к которой принадлежали его дед Антуан Сезар (1788—1878), отец Эдмонд (1820 —1891) и сын Жан (1878—1953). Флуоресценция и фосфоресценция были, так сказать, «семейным делом» Беккерелей. Отец Анри Беккереля— Эдмон Беккерель — действительно много занимался спектроскопическими исследованиями фосфоресценции, и в частности фосфоресценции урана, а Анри с 1882 по 1892 г. продолжал эти исследования.

Как только Анри Беккерель узнал об опытах Рентгена, ему тотчас показалось, что они имеют отношение к тому, чем он занимается, и сразу же т. е. в начале 1896 г., он задался вопросом, не могут ли рентгеновские лучи испускаться фосфоресцирующими телами, подвергшимися длительному облучению солнечным светом. Среди исследованных фосфоресцирующих веществ были и соли урана. Беккерель поместил чешуйки соли урана на фотопластинку, завернутую плотной черной бумагой, и подверг их в течение нескольких часов сильному воздействию солнечных лучей. После проявления фотопластинки на ней были обнаружены контуры чешуек, которые были к ней прижаты. Этот результат говорил в пользу принятой рабочей гипотезы и заставлял продолжать исследования. Было очевидно, что урановая соль испускает какое-то излучение, проходящее через черную бумагу и засвечивающее фотопластинку. Связано ли оно с фосфоресценцией, т. е. преобразуется ли в урановом минерале солнечная энергия в это излучение?

Счастливый случай позволил Беккерелю вскоре ответить на этот вопрос. 26 и 27 февраля 1896 г. был подготовлен опыт, несколько отличавшийся от первоначального, но выполнить его не удалось, так как день был облачный и солнце показывалось лишь на короткое время. Поэтому вся установка (на фотопластинке в рамке из черной ткани, прикрытой алюминиевой пластинкой, покоился тонкий медный крест, над которым располагался препарат с двойным сульфатом калия и урана) была заперта в ящике стола. Проявив 1 марта эти пластинки, Беккерель неожиданно обнаружил на них весьма четкий контур креста. Ему тотчас же пришла в голову мысль, что действие излучения происходило и в темноте, и новые, специально предпринятые опыты подтвердили это предположение. Таким образом, для получения фотографического эффекта не было необходимости предварительно освещать урановую соль солнцем. Более того, это явление на других фосфоресцирующих веществах не наблюдалось, но наблюдалось на других солях урана, не обладающих фосфоресценцией. Всего этого было достаточно, чтобы прийти к выводу, что здесь речь идет о новом самопроизвольном явлении, интенсивность которого заметно не убывает во времени, как это доказывали опыты с урановыми солями, приготовленными задолго до постановки опыта.

Именно в это время в Париж пришли сведения о том, что многими физиками замечена утечка заряда с заряженного тела, облучаемого рентгеновскими лучами. Беккерель поставил аналогичный опыт с новым излучением и пришел к тому же результату. Он продолжил исследования двумя методами: методом фотопластинок, чисто качественным, и электрическим методом, пригодным для относительных численных измерений. Как это ни странно, около двух лет Беккерель был единственным физиком, который занимался этими исследованиями. Позднее, в 1898 г., к нему подключились супруги Кюри, а после открытия радия к концу столетия число исследователей сразу чудовищно разрослось. Среди них были Резерфорд, Дебьерн, Эльстер, Гейтель, Гизель, Кауфман, Крукс, Рамзай, Содди. Направление, принятое Беккерелем, послужило, естественно, отправной точкой для последующих исследований. Одним из основных фактов, установленных Беккерелем, был следующий: все соли урана, фосфоресцирующие и нефосфоресцирующие, в виде кристалла и в виде порошка, в сухом виде и в растворе, независимо от своего происхождения — все испускают излучение одной и той же природы, интенсивность которого зависит только от количества урана, содержащегося в соли. Таким образом, эта способность оказывается атомным свойством, присущим элементу урану. Это подтверждалось тем фактом, что металлический уран обладал в 3½ раза большей активностью, чем применявшиеся в первых опытах соли урана. Эти результаты, естественно, ставили вопрос о поисках других веществ, которые могут обладать аналогичными свойствами.

В 1898 г. почти одновременно Мария Кюри-Склодовская (1867—1934) во Франции и Эрхард Карл Шмидт (1865—1949) в Германии обнаружили, что торий обладает аналогичными свойствами. Мария Кюри предприняла систематическое изучение минералов, содержащих уран и торий, и заметила, что некоторые минералы оказались активнее урана. Мария Кюри и ее муж Пьер Кюри пришли к выводу, что в этих минералах должен содержаться элемент, еще более активный, чем уран. Именно в это время, в 1898 г., супруги Кюри ввели термин радиоактивность для обозначения свойства вещества испускать «лучи Беккереля», как называлось тогда излучение, испускаемое ураном и торием. Супруги Кюри попытались выделить этот гипотетический элемент, более активный, чем уран, из урановой смоляной руды. Химический анализ минерала и измерение радиоактивности постепенно отделяемых фракций подтвердили, что действительно найдено простое вещество, более радиоактивное, чем уран. Они назвали его полонием в честь родины Марии Кюри. Позже был найден еще один элемент, значительно более радиоактивный, названный ими радием. Два года спустя, в 1900 г., Андре Дебьерн, ученик Марии Кюри, открыл третье радиоактивное вещество, названное им актинием.

**Исследование новых излучений**

После того как вырос список известных радиоактивных веществ — уран, торий, полоний, радий, актиний — и число ученых, занимающихся их изучением, началась вторая, более физическая фаза исследования, во время которой основное внимание было обращено на изучение характерных свойств новых явлений. На первых образцах полония и радия, полученных от супругов Кюри, Беккерель обнаружил, что испускаемое радием излучение обладает значительно большей проникающей способностью, чем излучение полония. Излучение радия после прохождения алюминиевой и слюдяной пластинок воздействует на фотопластинки, тогда как лучи полония не могли проникнуть даже сквозь картонные стенки коробки, в которой хранился препарат. Таким образом, радиоактивное излучение разнородно. Это получило новое экспериментальное подтверждение в конце 1899 г., когда Беккерель и независимо от него Гизель обнаружили, что если пучок лучей Беккереля проходит магнитное поле, то часть лучей отклоняется в одном направлении, а другая — в противоположном. Опыт исследования катодных лучей тотчас подсказал ученым интерпретацию этого экспериментального результата: значит, лучи Беккереля неоднородны и имеют корпускулярную природу, перенося электрический заряд. К тому же выводу и в то же время пришел на основе изучения проникающей способности лучей новозеландский физик Эрнест Резерфорд, начинавший свою научную работу под руководством Джозефа Томсона в Кавендишской лаборатории и посвятивший всю жизнь исключительно исследованиям радиоактивности. В заключение своего исследования он пишет: «Эти опыты показывают, что излучение урана является сложным и состоит по крайней мере из двух различных видов: одно, очень быстро поглощаемое, назовем для удобства α - излучением; другое, более проникающее, назовем β - излучением».

Через три года Поль Вийяр (1860—1934) показал, что имеется и третья составляющая излучения, о которой раньше не подозревали; она не отклоняется магнитным полем, а следовательно, сходна по природе с рентгеновскими лучами. По аналогии с двумя другими составляющими она была названа γ - излучением.

Беккерель показал, что β - лучи, испускаемые различными радиоактивными веществами, имеют разные скорости и отклоняются электрическим полем. Супруги Кюри установили, что эти лучи несут с собой отрицательный заряд, а Вальтер Кауфман (1871—1947), определив по методу Томсона одновременно отклонение в электрическом и магнитном полях, нашел отношение e/m и обнаружил, что оно является функцией скорости v частицы. Этот факт натолкнул Кауфмана на мысль, что масса электрона в соответствии с выдвинутой Максом Абрагамом (1875—1922) гипотезой имеет, по крайней мере частично, электромагнитное происхождение, т. е. является проявлением реакции электромагнитного поля. Отсюда берут начало теории электромагнитной природы материи, оказавшие большое влияние на физиков первой четверти нашего столетия.

**Энергия радиоактивных излучений**

Но все эти и другие свойства радиоактивного излучения, о которых можно сегодня узнать в любом, даже элементарном курсе физики, как бы важны они ни были сами по себе, отходят на второй план по сравнению с главной проблемой, которую эти опыты поставили перед первыми экспериментаторами. В радиоактивных явлениях выделяется энергия: энергия химического действия, энергия элементарных зарядов, энергия движения частиц. Откуда она берется?

Мария Кюри выдвинула две гипотезы в 1899 и в 1900 гг. Согласно первой, радиоактивные вещества улавливают внешнее излучение, не воспринимаемое нашими приборами, а затем обратно его испускают. Иными словами, они не генераторы, а трансформаторы энергии. По второй гипотезе, наоборот, предполагается, что радиоактивные тела самопроизвольно генерируют энергию, медленно изменяясь при этом, хотя мы (пока) не замечаем их изменений. Обе эти гипотезы представлялись в равной мере возможными или, если угодно, в равной мере необоснованными.

Острота этой проблемы еще более возросла, когда в 1903 г. Пьер Кюри сделал весьма важное открытие, обнаружив, что соли урана непрерывно выделяют тепло, причем в таком количестве, которое при сопоставлении с малой массой радиоактивного препарата представляется огромным. В своем первом качественном опыте, проведенном совместно с А. Лабордом, П. Кюри установил выделение теплоты с помощью термопары, один спай которой был окружен радиоактивным хлористым барием, а другой — чистым хлористым барием. Было обнаружено, что разница температур обоих мест спаев составляет около 1,5° С, что значительно превосходило возможные экспериментальные ошибки. Воодушевленные этим первым положительным результатом, Кюри и Лаборд произвели непосредственное измерение выделившейся теплоты, пользуясь двумя различными методами. В первом методе количество тепла, полученное металлическим блоком, внутрь которого помещалось определенное количество радиоактивного вещества, приравнивалось количеству тепла, выделенному разогреваемой током металлической спиралью, помещенной внутрь блока вместо радиоактивного образца и вызывающей такой же разогрев металлического блока. Во втором методе в калориметр Бунзена вводилась ампула с радиоактивным хлористым барием и с чистым хлористым радием и непосредственно определялось количество выделенного тепла. Оба метода давали достаточно согласующиеся результаты: в пересчете на 1 г радия получалось 100 кал в час (последующие измерения уменьшили эту цифру примерно до 25,5 кал).

Может ли быть столь большая энергия просто перехваченной радием? Неужели Вселенная пронизывается такими интенсивными потоками энергии, которые мы никак не можем обнаружить, кроме как через эти радиоактивные явления? Подобные элементарные соображения толкали физиков к тому, чтобы отказаться от первой гипотезы Кюри в пользу второй. Но предположить, что радиоактивные вещества, являясь источниками энергии, испытывают при этом какие-то медленные изменения, более глубокие, нежели обычные химические изменения, означало вновь подвергнуть обсуждению все основы атомистики.

Чтобы понять, насколько радикальным и революционным был такой новый взгляд, современный читатель должен представить себе образ мышления физиков начала нашего столетия, их мировоззрение, так сказать, полученное с молоком матери и являвшееся предметом гордости науки того времени. Атомарная структура материи, неизменность атомов, постоянство массы, сохранение энергии — таковы были основополагающие принципы, которые многим представлялись уже не гипотезами, а самоочевидными истинами. У кого же хватит смелости посягнуть на эти положения науки, подтвержденные столетием непрерывных успехов?

Нашлись два таких смельчака — мы скажем о них позже.

Радиоактивность немедленно нашла многочисленные применения в физике, химии, геологии, метеорологии, медицине. Смертоносное действие радиоактивного излучения на животные организмы произвело сильное впечатление на общественное мнение, и вновь был поднят вопрос о пользе научных исследований. За год до своей трагической гибели в Париже в уличной катастрофе Пьер Кюри в заключение своей лекции в 1905 г. в связи с присуждением ему Нобелевской премии за 1903 г. говорил: «В преступных руках радий может стать весьма опасным, и мы можем теперь задать себе вопрос, выигрывает ли человечество от знания секретов природы, достаточно ли оно созрело, чтобы пользоваться ими, не принесет ли ему вред это знание. Пример открытия Нобеля весьма характерен. Наличие мощных взрывчатых веществ сделало возможным проведение грандиозных работ. Но вместе с тем взрывчатые вещества являются страшным средством разрушения в руках преступников, вовлекающих народы в войну. Я склонен придерживаться точки зрения Нобеля, что человечество извлечет из новых открытий больше хорошего, чем плохого».