

оказаны высокие почести; город предоставил ему прекрасный особняк вблизи его института.

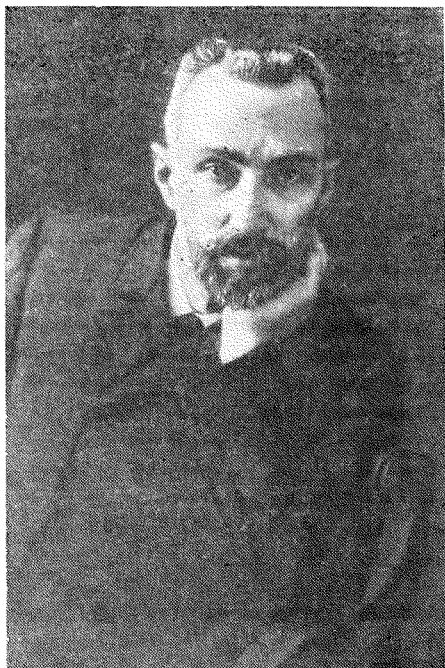
Все физики хорошо знают результаты научных исследований Бора, определившие вместе с открытиями школы Резерфорда пути развития ядерной физики. Не меньшее значение имели идеи, возникавшие у собеседников в результате дискуссий с Бором или на основании его высказываний на семинарах. Поэтому справедливо говорить о школе Бора как центре ядерной физики нашего времени. По влиянию на развитие ядерной физики с Бором можно сопоставить лишь рано умершего Энрико Ферми. С последним мне приходилось встречаться только на конгрессе Сольвея, где он был в сопровождении своей жены, явно близкой ему по духу. В этом отношении и Бору суждена была такая же счастливая семейная жизнь. Тяжелым ударом для него была гибель старшего сына во время морской прогулки. Это произошло вскоре после нашей встречи в Ленинграде, и Бор письмом с грустью сообщил мне о его смерти. Зато другой сын порадовал его своим научным талантом. Он с успехом продолжает дело отца по разработке физики атомного ядра. Недавно (в конце 50-х годов) он участвовал в конференции в Москве, а за несколько дней до этого я видел его дома вместе с родителями за завтраком в Копенгагене. И отец и сын с большой симпатией говорили о советских ученых и Советском Союзе.

## ПЬЕР КЮРИ \*

Пьер Кюри родился почти 100 лет назад — в 1859 г. и прожил всего 47 лет. В 1906 г., едва получив благоприятные условия для научной работы, он погиб в результате несчастного случая на улице. Несмотря на короткий период своей исследовательской деятельности, большую педагогическую нагрузку и отсутствие приспособ-

\* Статья опубликована в журнале: Вестн. АН СССР, 1956, т. 4, с. 30 (см. также: Природа, 1956, № 5, с. 74; Ленинградская правда, 1956, 4 апр. и Известия, 1956, 19 апр.).

О Пьере Кюри см. кн.: *Кюри Мария* Пьер Кюри, выдержавшую в Советском Союзе три издания (1924, 1959 и 1968 гг.). См. также: *Кюри Пьер*. Избр. тр. Сер. «Классики науки». М., 1966. В этой книге имеется подробный биографический материал, составленный Н. Н. Андреевым и Л. С. Сазоновым.



Пьер Кюри

собственной для научных изысканий лаборатории, Кюри оставил большое научное наследие непреходящего значения. Его труды, собранные в одном томе, занимают 600 страниц. Но сколько здесь классических результатов, навсегда вошедших в науку, и не только в физическую! Если пользоваться современной классификацией, то можно сказать, что работы Кюри обогатили и кристаллографию, и физику, и ядерную физику, и медицину (если не биологию в целом). Замечателен вклад Кюри в развитие методики точных знаний, в теорию и практику измерительных приборов.

При всей широте своих интересов Кюри был прежде всего физиком-новатором. Не случайно, а под влиянием непреодолимого стремления искать новое и даже неожиданное, Кюри делал свои открытия. Он непрерывно спрашивал природу: так ли обстоит дело, как мы при-

выкли думать, что происходит в действительности? — и не испытывал разочарования, если опыт лишь подтверждал уже известное. Пьер Кюри стремился понять общие закономерности явлений природы, а не увеличивать число своих научных трудов, из которых многие так и не увидели света. Поразительна была его интуиция, опережавшая взгляды современников. Приведу примеры этого.

Жак Кюри — брат Пьера — видимо, при ближайшем его участии опубликовал в 1888 г. докторскую диссертацию об электрических свойствах изолирующих кристаллов. Тогда, да и долгое время спустя, принято было считать, что затухающие по времени токи в этих кристаллах — результат медленно устанавливающейся диэлектрической поляризации. Пьер Кюри, выступив на заседании Физического общества, дал совершенно иное толкование, согласно которому токи создавались движением ионов, а затухание тока — накоплением объемных зарядов. Спустя 15 лет взгляды Пьера Кюри получили полное подтверждение в опытах, произведенных мною вместе с Рентгеном.

Другой пример. Открытие явления радиоактивности рассматривалось всеми учеными как важный шаг вперед в познании мира и как новое лечебное средство. Далеко еще было до атомной бомбы! А Пьер Кюри уже в 1903 г. в речи, произнесенной в связи с присуждением ему Нобелевской премии, сказал: «Не трудно предвидеть, что в преступных руках радий может сделаться крайне опасным. . . Но все же новые открытия в конечном счете приносят человечеству больше пользы, чем вреда».

И еще: в конце XIX в. среди ученых было принято считать атомное строение вещества лишь удобной рабочей гипотезой, но она отвергалась как отражение реального строения вещества. Хорошо известно, что только в результате открытий, сделанных на рубеже нашего столетия и в первые его годы (рентгеновы лучи, электроны, радиоактивность, открытие дифракции рентгеновых лучей), атомы стали реальностью в сознании физиков. Кюри же признавал атомное строение вещества и пытался доказать его анализом симметрии кристаллов, которая сводится к атомной их структуре.

Если попытаться охарактеризовать Кюри как физика, то необходимо отметить, наряду с новаторством, глубоким анализом основ науки и наблюдательностью, также и его

исключительно строгую требовательность к выводам из своих опытов и связанное с этим внимание к методике эксперимента.

Все это, разумеется, лишь методы научной работы; успех ее объясняется громадным талантом, которым Пьер Кюри обладал как немногие ученые, чьи имена сохранились в истории.

Лучшей характеристикой ученого служат его труды. Вспомним же, чем обязана Пьеру Кюри современная физика.

Первая работа 20-летнего юноши Кюри была посвящена инфракрасным лучам, или тепловым волнам, как их тогда называли. Устроив дифракционную решетку из тонких проволок с периодом в  $1/4$  мм, Кюри определял с ее помощью длины волн; распределение же интенсивности по спектру давала призма из каменной соли, позволявшая измерять самые слабые линии.

Вопросы спектроскопии, видимо, мало интересовали молодого Кюри. Его мысли занимала проблема симметрии в строении вещества, с одной стороны, и свойства симметрии физических явлений, с другой.

В 1880 г. Пьер Кюри и его брат — кристаллограф — сообщают об открытии ими пьезоэлектричества, которое Пьер рассматривает как обобщение и дальнейшее развитие известных уже пьезоэлектрических свойств турмалина. Оба явления вызваны изменением размеров кристалла. Сжимается ли турмалин под влиянием внешнего давления или охлаждения, на его гранях появляются такие же заряды; нагрев и растяжение производят противоположное действие. Через две недели братья Кюри докладывают Академии о своих исследованиях пьезоэлектрических свойств большой серии кристаллов, среди которых мы находим, наряду с турмалином, кварц и сегнетову соль. Еще через полгода формулируются количественные законы пьезоэлектричества и обсуждаются вытекающие отсюда выводы, важные для исследования вопроса об атомной или сплошной теории строения вещества.

Пьер Кюри еще не раз возвращался к этой проблеме. В свойствах симметрии кристаллической среды он видит проявление ее молекулярного строения и пытается придать этой связи характер убедительного доказательства. До тех пор, пока это ему не удалось, он рассматривает каждое явление с точки зрения как атомного, так и не-

прерывного заполнения пространства, и объективно противопоставляет друг другу выводы из обоих представлений.

Проходит еще год, и братья Кюри сообщают об открытии ими явления, обратного пьезоэлектричеству, а именно — электрической деформации пьезоэлектрических кристаллов. На протяжении ближайшего года устанавливаются количественные законы нового явления и их связь с количественными характеристиками пьезоэлектрических свойств тех же кристаллов.

Позже, в 1889 г., братья Кюри публикуют полученные ими еще в 1881 г. данные опытов и их детальное описание. Здесь излагается целая серия новых методов, при помощи которых Пьеру Кюри удалось с большой точностью измерить пичтожные по величине деформации кварца. Описываются основанные на пьезоэлектричестве приборы для измерения количества электричества: две склеенные кварцевые пластинки с противоположным направлением электрических осей. Изгиб их при электризации отклоняет связанную с ними стрелку, снабженную микрометренной шкалой. В связи с изучением электризации Кюри разрабатывает усовершенствованный квадрантный электрометр, абсолютный конденсатор и ряд других приборов, которые он даже не считал пужным описать.

Еще много лет спустя после смерти Пьера Кюри большое значение имел его прибор для измерения количества электричества при помощи пьезоэлектрического кварца, состоявшей из тонкой пластинки, вырезанной перпендикулярно к электрической оси и подвешенной вдоль главной оси кристалла. После того как пьезоэлектрическая постоянная была с большой точностью измерена, можно было определить выделяющийся на поверхности кварца заряд по величине павески на подвешенной к пластинке чашке.

Этим прибором пользовались в лаборатории Марии Кюри еще в 30-х годах, когда я там бывал. И, надо сказать, для измерения количества электричества это — великодушный прибор, простой и точный.

С пьезокварцем Кюри у меня связано воспоминание о первой научной работе. Мне было предложено выяснить: что является причиной упругого последствия — деформация или напряжение, вызывающее деформацию. Разделить их, казалось, можно было при помощи пьезокварца. Напряжение, определяемое подвешенным грузом,

остаётся неизменным; если деформация будет продолжать расти, она создаст дополнительный заряд на электродах. В ходе этого исследования пришлось наблюдать упругое последствие при изгибе пластинки Кюри. Я приписал его пьезоэлектрическим зарядам, заполняющим в этом случае весь объём кристалла. Чтобы устранить появление зарядов при изгибе, следовало вырезать пластинку в другом кристаллографическом направлении.

Об этом я написал Пьеру Кюри и просил его, если он признает мои соображения правильными, передать мастерской заказ на такую пластинку. Вскоре я получил ответ, подтверждающий мои соображения, а вслед за этим и саму пластинку, с помощью которой мне удалось установить отсутствие истинного упругого последствия в кварце.

Другое воспоминание, связанное с Пьером Кюри, относится к самому началу моей работы у Рентгена. Это было в конце марта 1903 г. Рентген вызвал меня и сообщил, что появилась статья Кюри, в которой говорится о больших количествах тепла, непрерывно выделяемых радием. «Я бы не поверил этому, — сказал Рентген, — ведь так много появляется сенсационных сообщений, которые не оправдываются, но ведь Пьер Кюри — один из лучших экспериментаторов нашего времени и человек осторожный. Результат слишком важный и необычный — необходимо его проверить. Вот ампула, содержащая 63 мг радия, — посмотрите, сколько она выделяет тепла».

Спустя короткое время я уже докладывал на семинаре статью Резерфорда, который, исходя из обнаруженного Кюри выделения тепла, высказал мысль о распаде атомов и их превращениях.

Впечатление, которое произвела заметка Кюри, было исключительно велико. Вспоминается посвященный ему некролог, в котором предсказывалось, что будущее человечество примет за начало своей эры открытие Пьером Кюри в марте 1903 г. теплоты, выделяемой радием.

Однако вернемся к научной жизни Кюри в 80-е годы — годы открытия пьезоэлектричества. Он не успел еще опубликовать полностью своих исследований, как появилась обобщающая работа Фогта, посвященная пьезоэлектричеству, и монография Кюри не была написана. Позднее Кюри хотел восполнить этот пробел в курсе своих лекций и приступил к изложению вопроса о пьезоэлек-

тричестве, но смерть не дала закончить этого близкого ему дела.

Для Пьера Кюри законы пьезоэлектричества тесно переплетались с основной для него проблемой — симметрией. Он обобщил и дополнил учение об элементах симметрии и сформулировал положение о том, что как наличие симметрии, так и ее отсутствие в любом явлении могут быть объяснены только такими же свойствами причин, которые вызывают это явление. Глубокий анализ он посвятил вопросу о взаимосвязи элементов симметрии среды, где протекает явление, и свойствам симметрии самого явления. В частности, Кюри подробно исследовал симметрию электрического и магнитного полей. В кристаллах он видел не только их огрaчение, но прежде всего анизотропную среду, вызванную соответствующим расположением образующих ее молекул.

Впрочем, и проблеме внешней формы кристалла Кюри отдал немало времени и труда. Он тщательно изучал рост и растворение отдельных граней, открыл закон, связывающий скорость роста грани с величиной ее поверхностной энергии и густотой расположения в ней молекул.

Знакомясь с этим циклом работ Кюри, видишь в нем кристаллографа, владеющего всем богатством накопленного опыта и творчески его развивающего. Кристаллографические законы Кюри представляются столь же фундаментальными, как и его законы в области пьезоэлектричества, магнетизма и радиоактивности.

Замечательны работы Кюри по кристаллографии, по пьезоэлектричеству, но еще больше поражает его труд, посвященный магнетизму. Каждый следующий шаг Кюри был крупнее предыдущего и подымал его как ученого на большую высоту. Так было и дальше, когда он принял участие в исследованиях по радиоактивности.

Работа Кюри по магнетизму стала его докторской диссертацией; она была напечатана в 1895 г. Исследовав 20 различных материалов — диамагнитных, парамагнитных и ферромагнитных — в широком интервале температур (до  $1400^{\circ}$ ), Кюри дал исчерпывающее описание их свойств. Он установил «закон Кюри» для парамагнитных веществ, согласно которому парамагнитная восприимчивость обратно пропорциональна абсолютной температуре. Он показал независимость диамагнитной восприимчивости от температуры. Позднее его ученик П. Ланжевен создал теорию, объяснившую результаты Кюри.

Исследование ферромагнитных материалов привело Пьера Кюри к установлению «точки Кюри» — момента, когда ферромагнитные свойства переходят в парамагнитные. «Точка Кюри» сделалась с тех пор понятием, далеко выходящим за рамки магнетизма.

Кюри правильно заключил из своих опытов, что физическая природа диамагнетизма и парамагнетизма совершенно различна, тогда как природа парамагнетизма близка ферромагнетизму.

Трудно передать в краткой статье хотя бы важнейшие результаты магнитных исследований Кюри, своеобразие различных изученных им материалов, влияние давления, температуры, агрегатного состояния. Переход парамагнитного состояния в ферромагнитное напоминал ему процесс конденсации. Недаром он одновременно проанализировал уравнение Ван-дер-Ваальса, в котором нашел много общих черт с закономерностями, обнаруженными им в магнитных свойствах. На 100 страницах работы по магнетизму Кюри сумел изложить такое богатство фактов и выводов из них, для которого потребовался бы толстый том.

Разумеется, и здесь не обошлось без разработки новой методики и новых приборов, обеспечивших большую точность, которую сам Кюри оценил в 1—2 % при крайней малости измеряемых воздействий.

Идеи симметрии Кюри распространил и на явления магнетизма. Не ограничиваясь наблюдениями, он спрашивал себя: возможно ли существование свободного магнетизма и каковы были бы его свойства симметрии? На этот вопрос ему пришлось дать отрицательный ответ.

Руководствуясь, видимо, такими же соображениями симметрии, Кюри настойчиво искал аналога ферромагнетизму среди диамагнетиков и не нашел его. Но не привела ли открытая через 5 лет после смерти Кюри сверхпроводимость к сверхдиамагнетизму, о котором он мечтал, к полному вытеснению магнитного поля? Можно пожалеть, что в то время было неизвестно явление антиферромагнетизма; оно дополнило бы картину магнитных свойств, которую обрисовал Кюри. Антиферромагнетизм, пожалуй, единственное, что внесла наука в эту область за 60 лет, прошедших после опубликования труда Кюри.

Последний период деятельности Пьера Кюри — после 1895 г., когда он вместе с Марией Склодовской-Кюри приступил к исследованию радиоактивности, известен лучше.



В их содружестве трудно выделить долю каждого в отдельности. Несомненно, что соединению их талантов человечество обязано открытием радия и полония, анализом радиоактивных излучений альфа- и бета-лучей, установлением переноса заряда бета-лучами. Пьер Кюри обнаружил и тщательно изучил явление наведенной активности, выделение эманации.

Выше уже упоминалось об открытии Пьером Кюри теплоты, выделяемой радием. В первой же его краткой заметке правильно оценивается количество тепла, выделяемого одним грамм-атомом радия, и вытекающие из этого факта выводы. Однако, наряду с гипотезой об освобождении внутриатомной энергии при превращении элементов, он считал необходимым сначала уточнить — не поглощает ли радий энергию какого-то неведомого еще вида из окружающего пространства. Как мы знаем, энергия, освобождаемая радием, — результат его распада на альфа-частицу и эманацию. Но неведомый тогда источник энергии — космические лучи — существовал и также вызывал внутриядерные превращения, хотя и иного порядка величины по сравнению с самопроизвольным распадом радия.

Чтобы правильно оценить Пьера Кюри как одного из самых выдающихся физиков-экспериментаторов, необходимо учесть не только замечательные результаты, полученные им в каждой области знания, которой он посвящал свое внимание, но и те условия, в которых протекала его научная деятельность. Без специально оборудованной лаборатории, в уголке под лестницей, среди студенческого практикума, в сарае, при помощи самодельных приборов, Кюри делал одно открытие за другим, проводил самые тонкие прецизионные исследования.

Даже получение Нобелевской премии, присужденной ему совместно с Марией Кюри и Беккерелем, не внесло решающего перелома в условия работы. После преодоления многочисленных препятствий Кюри получил небольшую лабораторию и необходимые средства на ее оборудование. Нелепая смерть оборвала его деятельность в период ее расцвета.

Дело Пьера Кюри продолжали его друзья и ученики. Под руководством Марии Кюри вырос и получил мировую известность Институт радия, где было выполнено свыше 500 исследований по радиоактивности. Его ученик Поль Ланжевен на основе результатов, полученных

Пьером Кюри, и в полном согласии с ними создал теорию магнетизма, а открытие пьезоэлектричества использовал для получения и приема ультразвука в морской воде. Кристаллографические идеи Кюри также нашли продолжателей, в том числе в лице русского ученого Ю. В. Вульфа.

Из биографических данных о Пьере Кюри следует указать, что он получил домашнее образование и никогда не посещал школы. Отец его — врач со склонностью к научной деятельности — видимо, рано понял своеобразие дарований своего сына и выбрал для него преподавателя, которого не раз вспоминал с благодарностью Кюри-ученый.

Сразу же после сдачи экзаменов за среднюю школу Пьер Кюри стал препаратором в лаборатории Дезена, где и выполнил свою первую научную работу. Еще до этого он несколько лет помогал в лабораторной работе своему старшему брату Жаку, с которым его связывала трогательная дружба. Вместе с ним Пьер проводил исследования в области кристаллографии, пьезоэлектричества и электрических свойств изолирующих кристаллов. В длительных беседах с ним выработалось научное мировоззрение Пьера Кюри, в котором проблема симметрии заняла такое большое место. Здесь же вырос интерес к кристаллам и накопились глубокие знания их свойств.

Если первая половина короткой по времени, но богатой содержанием научной деятельности Пьера Кюри была тесно связана с Жаком — его братом и другом, то вторая половина, начиная с 1895 г., протекала в совместной работе с его женой и другом Марией Склодовской-Кюри. Последней принадлежит лучшая биография Пьера Кюри, дважды изданная в СССР. Ею же написано предисловие к собранию его трудов, изданному в 1908 Французским физическим обществом.

Вспоминая блестящую научную деятельность Пьера Кюри, нельзя забыть о его личности, о его высокой принципиальности и передовых убеждениях. Он решительно отклонял все виды наград и почестей, которые ему предлагали, с отвращением говорил о французском обычае добиваться научных должностей путем посещения кандидатами влиятельных лиц. Нобелевскую премию он с женой истратил на организацию лечения радием. Кюри не знал компромиссов, был правдив до конца не только в науке, но и в жизни.

В политических вопросах, по отношению к религии Пьер Кюри был одним из наиболее прогрессивных людей своего времени. Его демократические убеждения, полное отсутствие национального шовинизма, сочувствие угнетенным народам и ненависть к угнетателям, так же как и его научные идеи, разделялись и развивались его женой — другом Советского Союза, его учеником Полем Ланжевенном, вступившим во Французскую коммунистическую партию.

Его дочь Ирен, также отдавшая свою жизнь науке, и ее муж Фредерик Жолио-Кюри, стоящий во главе движения за мир во всем мире, еще выше развили эту семейную традицию, начатую еще отцом Пьера Кюри — врачом, который лечил коммунаров и был близок им по духу.

50 лет прошло со дня смерти Пьера Кюри. Пройдут еще столетия, но память о Кюри-ученом, о Кюри-учителе не изгладится в истории науки. Основоположник учения о магнетизме, радиоактивности, ядерной энергетике, автор ведущих идей о симметрии в природе, открывший взаимосвязь деформаций и электризации кристаллов, Пьер Кюри останется яркой фигурой в физике конца XIX—начала XX в.

## МАРИЯ СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ\*

Мария Склодовская родилась в 1867 г. в Варшаве и окончила там гимназию. Из школы и польской семьи (отец и мать ее были преподавателями средней школы) она вынесла мечту об освобождении Польши от царского ига, о свободе и социализме, глубокое уважение к науке и стремление к личной самостоятельности. С этими настроями в 1892 г. она приехала в Париж, где вскоре познакомилась и подружилась с одним из самых талантливых физиков Франции Пьером Кюри и в 1895 г. вышла за него замуж. Одинадцать лет жизни и совместной работы с этим замечательным экспериментатором и мыслителем несомненно наложили свой отпечаток на научное

\* Статья написана в связи с кончиной Марии Склодовской-Кюри, последовавшей в Париже 4 июля 1934 г., и опубликована в газете: Известия, 1934, 18 июля.