

МЕМОРИАЛЬНЫЕ И АВТОБИОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТЬИ

ВИЛЬГЕЛЬМ КОНРАД РЕНТГЕН*

Вильгельм Конрад Рентген родился в 1845 г. в Германии, вблизи голландской границы, в г. Ленепе. Сначала он готовился к деятельности инженера и окончил политехникум в Цюрихе, но ясно выразившийся еще на студенческой скамье интерес к физике определил его поступление в университет. После защиты докторской диссертации он стал ассистентом по кафедре физики сначала в Цюрихе, потом в Гиссене, откуда вместе со своим профессором Кундтом переехал в Страсбург. В качестве экстраординарного профессора он работал сначала в Гиссене, а затем снова в Страсбурге. Оттуда Рентген перешел на ординарную кафедру в Гиссен, затем в Вюрцбург и наконец в 1900 г. — в Мюнхен. В 1919 г. по достижении предельного возраста Рентген передал свою кафедру В. Вину, но сохранил за собой заведование Метрономическим институтом в том же помещении Физического института Мюнхенского университета. Здесь он продолжал работать до самых последних дней своей жизни. Скончался Рентген в возрасте 78 лет 10 февраля 1923 г.

Свою физическую школу Рентген получил у Кундта, который воспитал целую плеяду крупных экспериментаторов. К их числу принадлежали и русские физики — Петр Николаевич Лебедев и Александр Александрович Эйхенвальд. Помимо Кундта, Рентген был близок и с другими крупными современниками: Гельмгольцем, Кирхго-

* Статья опубликована в качестве предисловия к кн.: *Рентген В. К. О новом роде лучей*. М.; Л., 1933, с. 5—20. В эту книгу, редактором которой был А. Ф. Иоффе, включены первые и основные публикации Рентгена 1896 г. об открытии им нового рода лучей. Работы Рентгена кратко прокомментированы А. Ф. Иоффе.

А. Ф. Иоффе написал еще три статьи о Рентгене: некролог (*Успехи физических наук*, 1924, т. 4, с. 1—8), включенный в 1-й том «Избранных трудов» А. Ф. Иоффе (с. 317—324), статью к 15-летию со дня смерти Рентгена (*Природа*, 1938, № 2, с. 107) и в книге: *Очерки развития медицинской рентгенологии: 50 лет рентгеновых лучей в медицине*. М., 1948, с. 29.

фом, Лоренцем, но с годами стал все больше замыкаться в себе, и связь его с другими физиками ограничивалась чисто деловыми и научными отношениями. Он не посещал съездов естествоиспытателей, а в своей частной жизни и во время путешествий не выходил из круга своих ближайших ассистентов и нескольких старинных друзей — математиков, философов, врачей. Поэтому личное его влияние на физиков, не бывших его учениками, невелико. Он пользовался славой лучшего экспериментатора. Когда умер Друде, его избрали на кафедру физики Берлинского университета; после ухода Кольрауша ему был предложен пост президента «Physikalisch-technische Reichanstalt», а после смерти вант Гоффа — место академика. Однако Рентген отклонил все эти предложения, точно так же как и предложения дворянства и различных орденов (в том числе и русских), последовавшие за его открытием, а сами лучи до последних лет жизни называл X-лучами.

Из числа его учеников многие занимают кафедры, и на всей их научной деятельности чувствуется влияние школы Рентгена. Сказанное относится к следующим лицам: М. Вину, Л. Цендеру, П. П. Коху, Э. Вагнеру, А. Шмауссу, Р. Ладенбургу, П. Прингсгейму, Э. Ангереру, Валентинеру, Фридриху, дю Прелю и Иоффе.

В течение своей более чем пятидесятилетней научной деятельности Рентген напечатал около 50 работ, посвященных нескольким вопросам. Наиболее известные из них — это открытые им рентгеновские лучи и рентгеновский ток (магнитное поле движущегося в электрическом поле диэлектрика). Большое число его работ посвящено свойствам жидкостей (сжимаемости, внутреннему трению, поверхностному натяжению), газов (поглощению инфракрасных лучей, измерению c_p , c_v) и кристаллов (пьезо- и пирозлектричеству, электро- и пьезооптическим свойствам). Рентген первый изучил вязкость смолистых веществ; ряд его работ посвящен электрооптическим явлениям (двойному преломлению в жидких и кристаллических телах, в электрическом поле, ионизации кристаллов светом). Каждая работа печаталась только тогда, когда результаты ее Рентген считал совершенно законченными. Большое число произведенных им опытов не было опубликовано, так как в них оставались еще неясности.

Блестящий экспериментаторский талант, ясная и простая постановка опытов, всесторонний и тонкий анализ



Вильгельм Конрад Рентген

возможных ошибок, наивысшая точность и достоверность полученных результатов — вот черты, общие всем его 50 работам, сделавшие их классическими. Значительная часть его работ имеет измерительный характер. Рентген всегда достигал большей точности, чем другие, и многие его измерения остались рекордными и через 40 лет (c_p/c_v , сжимаемость и др.). Однако этой точности он добивался не усложнением аппаратуры и многочисленными поправками (подобно, например, Реньо), а применением нового целесообразно придуманного метода, который в корне устранял важнейшие ошибки и позволял получать точные результаты при помощи простых, часто самодельных приборов, отвечавших его вкусу, как он сам выразился в одной из своих заметок. Так, например, в течение долгих лет шел спор между двумя крупнейшими физиками Тиндалем и Магнусом о том, поглощают ли водяные пары инфракрасные лучи. Опыты Тиндаля давали поло-

жительный ответ, Магнус всегда находил в них ошибки и отрицал поглощение. Плотность паров невелика; нужно было очень точно знать количество лучей, входящих в пар и выходящих из него, чтобы измерить небольшую разность, поглощенную паром. Взбирались даже на Монблан, чтобы установить поглощение в воздухе между вершиной Монблана и его подошвой. Рентген, поставив себе этот вопрос, поступил проще: он измерил то повышение давления, которое должно произойти в замкнутом сосуде с водяным паром или другим газом вследствие нагревания поглощенными лучами. Без сложных приборов и грандиозных затей ему удалось не только установить факт поглощения, но и измерить его количественно.

Столь же характерна и его работа о рентгеновском токе. Диэлектрик вращается между заряженными пластинками конденсатора и создает магнитное поле. Могло бы появиться сомнение, не течет ли ток по самим металлическим пластинкам конденсатора и не этот ли ток вызывает магнитный эффект. Рентген уничтожает это сомнение простым опытом. Пластинки изготовляются из металлических секторов, отделенных эбонитовыми прокладками; тока в пластинках быть не может, а эффект Рентгена остается неизменным.

Любопытно, пожалуй, отметить, что и знаменитый метод Кундта скрещенных спектров, который обнаружил аномальную дисперсию, вызван критикой Рентгена. Последний, как дальтоник, плохо отличал красные цвета от синих, и поэтому его несколько не убедило изменение порядка цветов в спектре. Он потребовал от Кундта более объективного доказательства, не зависящего от зрения того или другого физика, и в результате подробного анализа возможностей Кундт придумал свой метод.

Важнейшими из работ Рентгена являются, конечно, три его статьи «О новом роде лучей», напечатанные в 1895—1897 гг. Они создали ему мировую славу, за них Рентген получил Нобелевскую премию, они оказали самое решительное влияние на все последующее развитие физики. Открытие рентгеновских лучей Рентгеном часто приводят в качестве примера роли случайности в науке. Правда, изучение катодных лучей в разреженных газах подготовило почву для Рентгена, но, несомненно, требовалась недюжинная наблюдательность, чтобы, едва принявшись за изучение катодных лучей, сразу заметить создаваемые ими новые, рентгеновские, лучи. Трубки

с катодными лучами существовали уже 40 лет, но никто из работавших с ними (в том числе и Ленард, считающий, что он имел в своих опытах дело с этими лучами) не заметил испускаемых ими рентгеновских лучей. Во всяком случае не случайно, а теснейшим образом связана со всей научной личностью Рентгена та форма, в которую вылилось его исследование. В трех небольших статьях, опубликованных на протяжении одного года, дано настолько исчерпывающее описание свойств этих лучей, что сотни работ, последовавших затем на протяжении 12 лет, не могли ни прибавить, ни изменить ничего существенного. И все это исследование в совершенно новой области было проведено самыми элементарными средствами: единственный «прибор», которым пользовался Рентген, — это электроскоп с листочком. Для изучения каждого свойства лучей им были придуманы новые чрезвычайно остроумные методы, не раз затем использованные в самых разнообразных случаях.

Вспомним некоторые из таких приемов Рентгена.

1. Отражение. Рентген заметил, что лучи не отражаются заметно даже от хорошо полированных поверхностей. Можно было, однако, думать, что разница (по сравнению со светом) здесь только количественная: коэффициент отражения рентгеновских лучей очень мал. Но вместо того, чтобы улучшением измерительных приборов измерить эту малую величину, Рентген устанавливает, что истолченное в порошок и цельное вещество одинаково прозрачны для рентгеновских лучей; отсюда следует, что многочисленные поверхности отдельных зерен истолченного тела отражают и рассеивают лучей не больше, чем внутренность целого тела. Рентген дает совершенно точное описание рассеяния и поглощения лучей, сравнивая тело с комнатой, полной табачного дыма, сквозь который проходит луч света. Каждый атом внутри тела и на его поверхности рассеивает лучи одинаково и тем сильнее, чем больше его атомный вес. Рентген ставит вопрос, идепичны ли рассеянные лучи с первичными, и совершенно правильно предполагает, что, наряду с отклоненными первичными лучами, появляются еще другие, всегда более мягкие лучи, созданные атомами рассеивающего тела. Сама характеристика жесткости лучей по их поглощаемости, сохранившаяся и после открытия Лауэ, наряду с количественной спектроскопией, принадлежит Рентгену.

2. Ионизация. Рентген обнаружил эффект разряжения наэлектризованного тела под влиянием лучей и сейчас же установил, что главную роль в этом явлении играет ионизация воздуха. Лучи, проходящие мимо наэлектризованного тела, разряжают его так же, как и лучи, прямо на него падающие. Однако и этот эффект можно приписать вторичным лучам, вызванным в воздухе и попадающим на тело. Рентген показывает, что если засосать через длинную трубку освещенный лучами воздух, то он сохраняет способность разряжать заряженное тело. Поместив на пути ионизированного воздуха в трубе ватную пробку, можно лишить воздух его способности снимать заряды с тел. Чтобы удостовериться, что причина этого явления лежит в соприкосновении ионизированного воздуха с поверхностями пор в вате, а не в замедлении движущегося в трубе воздуха, Рентген помещает ту же пробку в такое место трубы, через которое воздух проходит еще до ионизации (по другую сторону освещенного лучами участка трубы). Движение воздуха в трубке замедляется одинаково, куда бы ни поместить пробку, между тем как разряжающая способность сохраняется только в том случае, если ионы не соприкасались с ватой.

3. Первые же опыты с лучами приводят Рентгена к правильной конструкции трубки: наклонный платиновый антикатод, вогнутый алюминиевый катод. Сделанные им тогда же снимки являются образцами экспериментального искусства. Так, он получил, например, изображение надписи, выгравированной на стволе охотничьего ружья: предельное достижение и для современной рентгеновской техники.

4. О необыкновенном экспериментаторском чутье Рентгена свидетельствуют его настойчивые попытки обнаружить эффект, через 17 лет открытый Лауэ. Установив, что лучи рассеиваются каждым атомом, Рентген заключает, что при правильном расположении атомов, имеющем место в кристалле, рассеяние и поглощение должны зависеть от направления. Он ищет это явление в обстановке, весьма напоминающей опыты Лауэ и Фридриха, но только с фотографической пластинкой, прижатой к кристаллу. Более тонких соображений о дифракции или интерференции у него быть не могло, так как волновая природа лучей не была известна. Но и основные соображения Рентгена настолько убедительны, что в каждой из трех работ он повторяет свою уверенность в существо-

вании эффекта, несмотря на то, что все его попытки дали отрицательный результат. Если бы даже и случай, столь благоприятствовавший ему в открытии лучей, заставил Рентгена поставить фотографическую пластинку на правильное место, то все же при малой мощности тогдашних трубок он вряд ли мог бы обнаружить искомый эффект. Ведь и первые опыты Фридриха, знавшего, что он ищет, дали отрицательный результат, и только наугад поставленная Книшпингом на пути лучей фотографическая пластинка привела к открытию Лауэ. В 1895 и 1896 гг. не было еще почвы для нового открытия, но Рентген знал, где его искать. Не оправдалась гипотеза Рентгена о физической природе его лучей как о продольных колебаниях эфира, но, принимая во внимание происхождение лучей при продольном толчке катодного потока и резкое их отличие от световых, нельзя не считать гипотезу Рентгена весьма естественной для того времени.

Наряду с этими образцами качественного исследования, Рентген умел выполнять и точнейшие измерения там, где это требовалось постановкой задачи. Так, например, он видел, что нельзя создать теорию жидкого состояния, не имея полной количественной характеристики свойств различных жидкостей и растворов. И эту работу он выполнил с удивительным мастерством и последовательностью, затратив на нее десять лет (с 1883 по 1892 г.). Измерения постоянных воды и водных растворов привели его в 1892 г. к представлению, что вода — это равновесная система молекул различного состава. Такой же количественный характер получил вопрос о связи пироз- и пьезоэлектричества. Работы 1913—1914 гг. полностью подтвердили, что пирозэлектричество без остатка сводится к пьезоэлектричеству. Сюда же относятся классические опыты определения c_p/c_v с помощью удачно поставленного на анероиде зеркала, измерение теплового расширения алмаза при низких температурах, приведшее к теории Дебая.

По всем своим взглядам и деятельности Рентген был типичным представителем классической физики второй половины прошлого столетия. К той же школе принадлежали Кундт, Варбург, Кольрауш, Рубенс, Браун, Пашен — почти все уже ушедшие от нас. Рентген больше, чем кто-либо из современников, способствовал созданию новой физики нашего столетия — физики элементарных процессов и электронных явлений. Тем не менее сам он

оставался верен прежним заветам и сторонился того потока не всегда достаточно обоснованных «открытий» и гипотез, который последовал за его собственным открытием.

Методом его работы был последовательный формализм, отрицавший изучение механизма явлений. Вот пример его отношения к работам с открытыми им лучами. Темой моей работы было изучение упругого последействия в кварце при помощи пьезоэлектрического метода. Однако по ряду соображений я пришел к заключению, что последействия в кварце вовсе не существует, а наблюдаемые явления вызваны пьезоэлектрическими зарядами в массе кристалла. Чтобы удалить их, я хотел увеличить электропроводность лучами радия и рентгеновскими лучами. Это действительно удалось. После этого я исследовал другие кристаллы и диэлектрики. Накопив интересный и часто неожиданный материал, я поспешил сообщить его Рентгену, находившемуся тогда в Santa Margareta. В ответ я получил открытку следующего содержания: «Я жду от Вас солидной научной работы, а не сенсационных открытий. Вернитесь к упругому последействию». Возвратившись в Мюнхен, Рентген объяснил свой совет антипатией к многочисленным поспешным опытам с рентгеновскими лучами и радием. Ко всякому, кто занимался этими опытами, он относился с недоверием и считал, что не следует начинать свою научную деятельность с изучения именно этих вопросов. Лишь путем острого конфликта я получил разрешение продолжать свои опыты. Только когда я обнаружил, что электропроводность рентгенизированной каменной соли резко меняется при освещении обычным светом, Рентген, увидав здесь новую связь между светом и электричеством, заинтересовался работой и принял в ней участие. С тех пор до самой смерти Рентгена мы работали совместно над этой проблемой.

Другой яркий пример — отношение Рентгена к электрону. До 1906—1907 гг. слово электрон не должно было произноситься в Физическом институте Мюнхенского университета. Рентген считал представление об электроне недоказанной гипотезой, применяемой часто без достаточных оснований и без нужды. В течение двух лет я ежедневно в разговорах с Рентгеном пользовался этим понятием, чтобы показать его проявление в самых разнообразных явлениях. И только через 2 года электрон получил права гражданства в Мюнхене.

Рентген придавал значение лишь фактам, а не их объяснению. Наше исследование кристаллов за 7 лет, с 1904 по 1911 г., привело к пониманию явления электропроводности. Предлагая мне изложить наши результаты для печати, Рентген настаивал, чтобы я систематически изложил наши наблюдения, не создавая у читателя предвзятых мнений своими объяснениями. Мне, наоборот, казалось необходимым излагать факты в свете той картины явления, которая из них вытекает. Чтобы убедить в преимуществе такого изложения, я расположил весь громадный материал в 7 главах без всяких пояснений и затем на двух листочках изложил «разгадку семи загадок». В течение трех дней Рентген проверял, действительно ли каждый опыт объясняется моей разгадкой и наконец согласился включить разгадку в текст. Однако в таком виде статья настолько противоречила его принципам, что он ее так и не сдал в печать. Только в 1913 г. он опубликовал введение, заключающее методику измерения и приборы, и в 1921 г. — опыты с каменной солью: 200 страниц одних опытных фактов. В 1922 г. Рентген предложил мне самому дать изложение вопроса. Эта статья, корректуру которой он еще самым тщательным образом проверил, появилась вскоре после его смерти в 1923 г. Все остальные свои незаконченные работы (вместе с ними оказались также и результаты моих опытов в Петрограде) он завещал сжечь после его смерти, что и было выполнено.

Рентген высоко ценил лучших представителей «новой физики»: Д. Д. Томсона, Резерфорда, Милликена, Зоммерфельда, Эйнштейна и Бора (кандидатуру последнего он даже представил на Нобелевскую премию), но сам держался от нее в стороне. И чем больше появлялось в немецкой научной литературе скороспелых «предварительных сообщений», тем основательнее и документальнее становились его работы, — последняя со своим опытным материалом заняла целую книжку «Анналов» в 200 страниц. Из-за последовательно проведенного формализма в изложении она трудно читается.

Таким же последовательным, верным раз и навсегда выработанным принципам оставался Рентген и в частной жизни. Он не был дипломатом, не умел приспособляться к обстановке. На факультете и в Академии он вел свою линию, не считаясь ни с какими влияниями. Когда после отказа Лоренца Рентген счел нужным пред-

ложить кафедру теоретической физики в Мюнхенском университете Зоммерфельду, действительно поднявшему ее на большую высоту, он не побоялся вступить в самый ожесточенный спор с влиятельной группой математика Линдемана. Ему пришлось проделать большую работу, чтобы опровергнуть возражения Линдемана против одной из основных работ Зоммерфельда и добиться его избрания.

Рентген не допускал ни для кого из своих ассистентов и учеников никаких уклонений от того метода работы, который он считал единственно научным, и здесь бывал часто слишком прямолинейным. Но так же последователен он был и с властью имущими: Вильгельм II при посещении Германского музея в Мюнхене, выслушав объяснения Рентгена к физическому отделу, попытался так же объяснить Рентгену артиллерийский, но не мог ничего сказать, кроме общеизвестных тривиальных фраз. Рентген прямо так ему и сказал, после чего Вильгельм, отвернувшись, немедленно ушел, оскорбленный в своей гордости военного специалиста.

В 1917 г. вследствие блокады в Германии царил голод, и все население получало распределявшиеся по карточкам скудные продукты питания. Рентген имел в Голландии много друзей, посылавших ему продовольственные посылки с маслом и сахаром. Однако, считая, что при таком положении в стране никто не должен пользоваться привилегиями, он все свои посылки сдавал государству для общего распределения. За год он потерял $1\frac{1}{2}$ пуда в весе, и только когда врачи заявили, что еще месяц такой жизни приведет его к смерти, он согласился принять повышенный больничный паек.

Для ведения войны государству необходима была валюта. Все значительные капиталы Рентгена были помещены в голландских бумагах, и все он отдал без остатка по первому требованию. Он и здесь не знал компромиссов и из сотен тысяч не оставил себе ни гульдена. Последние годы своей жизни он принужден был отказывать себе во многом. Только раз в неделю он позволял себе мясное блюдо. Чтобы исполнить свое желание — перед смертью снова посетить места в Швейцарии, где он жил с незадолго перед тем скончавшейся женой, он должен был почти на целый год отказаться от кофе и т. п.

Рентген был большой и цельный человек в науке и в жизни.

Вся его личность, его деятельность и научная методология принадлежит прошлому. Но только на фундаменте, созданном физиками XIX в. и в частности Рентгеном, могла появиться современная физика. Рентгеновский ток был толчком в электронной теории; рентгеновские лучи — к электронике и атомистике. На этом прочном фундаменте выросло новое здание. Если яркая окраска иных деталей этого здания часто и противоречила его вкусу, то все же фундамент, материал и методы для постройки дал нам Рентген.

Впечатление, вызванное открытием Рентгена, было чрезвычайно велико. В течение только 1896 г. о нем было напечатано более 1000 статей. Появились сотни научных работ, посвященных этим лучам, и ряд попыток открыть еще какие-нибудь новые лучи. После большего или меньшего периода оказывалось, однако, что лучи эти были плодом недоразумения или ошибок наблюдения (лучи Герца, Блондло, *F*-лучи и т. п.). Работы по рентгеновским лучам в течение 12 лет также не могли прибавить ничего существенного к результатам, установленным Рентгеном в его первых работах. Не только само открытие новых лучей, но и их исследование, классическое по своей простоте, объективности и полноте, произведенное с самодельными приборами по совершенно новым методам, легшим в основу позднейшей физики, представляет собой выдающуюся заслугу. Вполне по праву Рентгену первому была присуждена Нобелевская премия по физике. Теперь, после 30-летнего изучения рентгеновских лучей, открывшего нам наконец их природу и объяснившего их свойства, мы можем еще лучше, чем современники Рентгена, оценить необычайную точность его наблюдений и умение находить в хаосе фактов характерные черты нового явления.

ДОПОЛНЕНИЕ К «ВОСПОМИНАНИЯМ О ПРОФЕССОРЕ П. ЭРЕНФЕСТЕ» Г. Е. УЛЕНБЕКА *

Павел Сигизмундович Эренфест оказал большое влияние не только на физиков Голландии, где он после Лоренца занимал кафедру теоретической физики, но и на

* Статья написана по просьбе редакции журнала «Успехи физических наук» в качестве дополнения к опубликованной на