

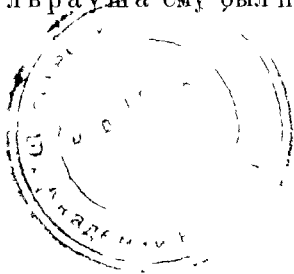
УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК.

ВИЛЬГЕЛЬМ КОНРАД РЕНТГЕН.

А. Ф. Иоффе.

11 февраля 1923 года в возрасте 78 лет скончался в Мюнхене один из известнейших физиков — В. К. Рентген. Он родился в 1845 году в Германии, вблизи голландской границы, в г. Ленепе. Сначала он готовился к деятельности инженера и учился в Политехникуме, но ясно выразившийся еще на студенческой скамье интерес к чистой физике направил его в университет. По защите докторской диссертации он сделался ассистентом по кафедре физики сначала в Цюрихе, потом в Гиссене, откуда он вместе со своим профессором Кундтом перешел в Страсбург. В качестве экстраординарного профессора он был сначала в Гиссене, а затем снова в Страсбурге. Оттуда он перешел на ординарную кафедру в Гиссен, затем в Бюрдбург и, наконец, в 1900 году в Мюнхен. В 1919 году за достижением предельного возраста он передал свою кафедру В. Вину, но сохранил заведывание Метрономическим Институтом в том же помещении Физического Института Мюнхенского университета. Здесь он продолжал работать до самых последних дней своей жизни.

Свою физическую школу Рентген получил у Кундта, который создал целую плеяду крупных экспериментаторов (к числу их принадлежал и «русский Кундт» — Петр Николаевич Лебедев и Александр Александрович Эйхенвальд). Он был близок и с другими крупными современниками: Гельмгольцем, Кирхгофом, 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 и 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 современных физиков, не бывших его учениками, невелико. Он пользовался славой лучшего экспериментатора; когда умер Друде, он был избран на кафедру физики Берлинского университета; после ухода Кольрауша ему был предложен



пост президента «Physikalisch Technische Reichsanstalt» и после смерти Вант Гоффа — место академика. Однако он отклонял все эти предложения точно так же, как и предложения разных орденов (в частности и русских), следовавшие за его открытием, а самые лучи до последних лет жизни называл X-лучами.

Из числа его учеников многие занимают кафедры, и на всей их научной деятельности видны следы школы Рентгена. Таковы: М. Вин, Л. Цендер, П. П. Кох, Э. Вагнер, А. Шмаус, Р. Ладенбург, П. Прингсгейм, Э. Ангерер, Валентинер, Фридрих, дю-Прелль и я.

В течение своей почти пятидесятилетней научной деятельности Рентген напечатал всего около 25 работ, посвященных нескольким вопросам. Наиболее известные из них, это — открытые им рентгеновы лучи и рентгенов ток (магнитное поле движущегося в электрическом поле диэлектрика). Большое число его работ посвящено свойствам жидкостей (сжимаемость, внутреннее трение, поверхностное натяжение), газов (поглощение инфракрасных лучей, измерение $\frac{C_p}{C_v}$), кристаллов (пьезо- и пироэлектричество, электро- и пьезо-оптические свойства), электрооптическим явлениям (двойное преломление в жидких и кристаллических телах в электрическом поле, ионизация кристаллов светом). Каждая работа печаталась только тогда, когда результаты ее Рентген считал совершенно несомненными. Большое число других опытов, им произведенных, не было опубликовано, так как в них оставались еще неясности.

Блестящий экспериментальный талант, ясная и простая постановка опыта, всесторонний и тонкий анализ возможных ошибок, гай-высшая точность и достоверность полученных результатов — вот черты, общие всем его 25 работам, сделавшие их классическими. Большая часть его работ имеет измерительный характер. Рентген всегда добивался большей точности, чем другие, и многие его измерения остались рекордами и через 40 лет $\left(\frac{C_p}{C_v}, \text{ сжимаемость и др.}\right)$. Однако этой точности он добивался не усложнением аппарата и многочисленными поправками (подобно Реньо, например), а применением нового целесообразно придуманного метода, который в корне устранял важнейшие ошибки и позволял добиваться точности 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 положительный ответ, Магнус всегда находил в них ошибки и отрицал поглощение. Плотность паров невелика; нужно было очень точно знать количество лучей, входящих в пар и выходя-

щих из него, чтобы измерить небольшую разность, поглощенную паром. Взирались даже на Монблан, чтобы установить поглощение в слое воздуха между его вершиной и 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.

Так же характерна его работа о рентгеновом токе. Диэлектрик вращается между заряженными пластинками конденсатора и создает магнитное поле. Могло бы явиться 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 изготавливаются из металлических секторов, отделенных эбонитовыми прокладками; тока в пластинках быть не может, а эффект Рентгена остается неизменным.

Любопытно, пожалуй, отметить, что и знаменитый метод скрещенных спектров Кундта, который обнаружил аномальную дисперсию, вызван критикой Рентгена. Последний, как дальтоист, плохо различал красные и синие цвета и поэтому несколько не убедился изменением 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, несомненно, три статьи о «Новом роде лучей», напечатанные в 1895—97 годах. Они создали ему мировую славу, доставили Нобелевскую премию и оказали самое решительное влияние на все последующее развитие физики. Открытие рентгеновых лучей можно считать до некоторой степени случайностью, хотя все же требовалась недюжинная наблюдательность, чтобы, едва принявшись за изучение катодных лучей, сразу заметить создаваемые ими новые рентгеновы лучи. Трубки с катодными лучами существовали уже 40 лет, но никто из работавших с ними (в том числе и Ленард, считающий, что он должен был, «по справедливости», открыть эти лучи) их не заметил. Но во всяком случае не случайна, 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, следовавших затем на протяжении 15 лет, не могли ни прибавить, ни изменить ничего существенного. И все это исследование проведено в совершенно новой области самыми элементарными средствами: единственный «прибор», которым пользовался здесь Рентген, это — электроскоп с листочками. Для изучения каждого свойства лучей приду-

маны были 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. Оставалась, однако, возможность, что разница по сравнению со светом только количественная: коэффициент отражения рентгеновых лучей очень мал. Вместо того, однако, чтобы улучшением измерительных приборов измерить эту малую величину, Рентген устанавливает, что истолченное в порошок и цельное вещество одинаково прозрачны для рентгеновых лучей; отсюда следует, что многочисленные поверхности отдельных зерен истолченного тела не отражают и не рассеивают лучей больше, чем внутренность целого тела. Рентген дает совершенно точное описание рассеяния и поглощения лучей, сравнивая тело с полной табачного дыма комнатой, сквозь которую проходит луч света. Каждый атом внутри тела и на его поверхности рассеивает одинаково и тем сильнее, чем больше его атомный вес. Рентген ставит вопрос, идентичны 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. Самая характеристика жесткости лучей по их поглощаемости, удержавшаяся и после открытия Лауэ наряду с количественной спектроскопией, принадлежит Рентгену.

2) Ионизация. Рентген замечает разрядку наэлектризованного тела под влиянием лучей и сейчас же устанавливает, что главную роль играет ионизация воздуха. Лучи, проходящие мимо наэлектризованного тела, разряжают его так же, как 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 трубу 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 проходит воздух еще до ионизации (по другую сторону освещенного лучами участка трубы). Движение воздуха в трубе замедляется одинаково, куда бы ни поместить пробку, между тем как разряжающая способность сохраняется, если ионы не соприкасались с ватой.

3) Первые же опыты с лучами приводят Рентгена к правильной конструкции трубки — наклонный платиновый антикатод, вогнутый катод. Сделанные им тогда же снимки являются образ-

цом экспериментального искусства; так, он получил, например, изображение надписи, выгравированной на стволе охотничьего ружья.

4) О необыкновенном экспериментальном чутье Рентгена свидетельствуют настойчивые его 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 диффракции 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 существовании эффекта, несмотря на то, что все его попытки дали отрицательный результат. Если бы даже случай, столь благоприятствовавший ему в открытии лучей, заставил Рентгена поставить фотографическую пластинку на правильное место, то при малой мощности тогдашних трубок он вряд ли мог бы обнаружить искомый эффект. Ведь и первые опыты Фридриха, знавшего, чего он ищет, дали отрицательный результат, и только наугад поставленная Книпингом на пути лучей фотографическая пластинка привела к открытию Лауэ. В 1895 и 1896 г.г. не было еще почвы для нового открытия, но Рентген знал, где его искать. Не оправдалась и 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 различие 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 теории 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 год). Измерения постоянных воды и водных растворов привели его в 1892 году к представлению, что вода является равновесной системой молекул различного состава. Такой же количественный характер получил вопрос о связи пирозлектричества с пьезоэлектричеством. Работы 1913—1914 годов дали полный материал, сводящий пирозлектричество без остатка к пьезоэлектричеству. Сюда же относятся классические опыты определения $\frac{C_p}{C_r}$ с помощью удачно поставленного на асфальте 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 Куиндт, Варбург, Кольрауш, Рубенс, Браун, Пашен, Кюри, почти все уже ушедшие от нас. Рентген больше, чем кто-нибудь 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 открытием. Здесь сказывалось его органическое отвращение к опубликованию незаконченных, поверхностных обобщений, понятий, за которыми нет строго сформулированного и экспериментально доказанного содержания. Он находил оправдание своему консерватизму в скоротечности существования разного рода «новых лучей» — Гретца, Блондло и других, — новых слов, которыми пытались заменить объяснение явления.

Вот характерный пример того, как Рентген сторонился тех областей, где, следуя его примеру, добывали легкую славу молодые и старые физики: темой моей докторской диссертации было изучение упругого последствия в кварце. Первоначальной задачей было решение вопроса о том, является ли непосредственной причиной пьезоэлектричества деформация кварца или существующее в нем (и в эфире) напряжение. При последствии изменяется только одна из этих величин, когда другая остается постоянной, и, следовательно, можно было разделить их влияние. Мне, однако, казалось, что упругого последствия в кварце вовсе не существует, а наблюдаемые явления вызваны пьезоэлектрическими зарядами в массе кристалла. Чтобы устранить их, я попытался увеличить электропроводность кварца, воспользовавшись лучами Рентгена, радия, ультрафиолетовым светом и т. п., и обнаружил действительно резкое возрастание электропроводности. Исследовав в этом направлении ряд других кристаллов и диэлектриков, я нашел ряд очень любопытных новых фактов и закономерностей, о которых и поспешил сообщить Рентгену, находившемуся тогда в *Santa Margareta*. В ответ на это я получил от него следующее указание: «Я жду от вас солидной научной работы, а не сенсационных открытий». При возвращении в Мюнхен он подробно развил мне свой отрицательный взгляд на работы подобного рода и предостерегал от того, чтобы начинать свою научную деятельность с радия и рентгеновых лучей, где всякая работа тонет в массе других непроверенных и недостоверных фактов. И только тогда, когда, продолжая, вопреки предостережению, свои опыты, я заметил громадное влияние обычного света на электропроводность каменной соли, Рентген, увидав здесь

новый вид связи между светом и электричеством, заинтересовался явлением; с тех пор мы вели эту работу совместно.

Другой очень яркий пример, — это отрицательное отношение Рентгена к электрону, продолжавшееся до 1906—1907 годов и доходившее до того, что в Физическом Институте Мюнхенского университета слово электрон не произносилось. Рентген считал существование его недоказанным, приводящим к внутренним противоречиям (опыт Майкельсона) и применяемым слишком неосторожно даже там, где оно ничего не разъясняет. В течение двух лет я ежедневно в разговорах с Рентгеном пользовался этим понятием, чтобы показать пользу и даже неизбежность его признания, пока, наконец, Рентген признал совокупность накопившихся опытных данных достаточной для обоснования электрона.

Рентген придавал объективное значение фактам, а не их объяснению. Поэтому, несмотря на то, что нам удалось вполне выяснить некоторые стороны электропроводности кристаллов (закон Ома, поляризацию, электролиз), Рентген считал необходимым, не давая найденных нами объяснений, сначала изложить и систематизировать объективно опыты с тем, чтобы только в заключение указать на их смысл. В результате длительных споров Рентген признал целесообразность другого метода изложения, когда картина явления была бы уже ясна для читателя, изучающего конкретное ее обоснование. Однако этот метод изложения настолько противоречил научным навыкам и принципам Рентгена, что только с чрезвычайной медленностью он готовил к печати наш труд и, начав в 1907 году, только в 1913 году напечатал первую часть с описанием приборов и методов наблюдения, в 1921 году — вторую с чисто объективным описанием явлений при прохождении тока через каменную соль, и только летом 1922 года он просил уже меня написать главную часть так, как я это считал необходимым; эта часть появится только после его смерти, хотя он успел еще познакомиться с ней и обсудить ее.

Рентген высоко ценил лучших представителей «новой физики»: Дж. Дж. Томсона, Резерфорда, Миликана, Зоммерфельда, Эйнштейна и Бора (последнего он даже предложил кандидатом 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 из его работ со своим опытным материалом заняла целую книжку *Annalen der Physik* в 200 страниц.

Таким же последовательным, верным раз навсегда выработанным принципам, оставался Рентген и в частной жизни. Он не был дипломатом, не умел приспособляться ни к низшим, ни к высшим. В факультете и академии он вел свою линию, не считаясь ни с какими влияниями. Когда после отказавшегося Лоренца он считал нужным

предложить кафедру теоретической физики в Мюнхенском Университете Зоммерфельду, действительно поднявшему ее на большую высоту, Рентген не побоялся вступить в самый ожесточенный спор с влиятельной группой математика Линдемана. Ему пришлось проделать большую работу, чтобы опровергнуть все возражения Линдемана против одной из основных работ Зоммерфельда, чтобы добиться его избрания. Рентген не допускал никаких уклонений от того метода работы, который он считал единственно научным, ни для кого из своих ассистентов и учеников. Но так же последователен он был и с властью имущими: когда Вильгельм II, при посещении Германского Музея в Мюнхене, выслушав объяснения Рентгена к физическому отделу, попытался так же объяснить Рентгену артиллерийский и не мог ничего сказать, кроме общеизвестных тривиальных фраз, Рентген прямо это ему сказал, после чего Вильгельм, отвернувшись, немедленно ушел, оскорбленный в своей гордости специалиста.

В 1917 году, вследствие блокады, в Германии царил голод, и все население получало равномерно распределявшиеся по карточкам скудные продукты питания. Рентген имел в Голландии много друзей, посылавших ему продовольственные посылки с маслом и сахаром. Однако Рентген считал, что при голоде никто не должен пользоваться привилегиями, и 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.

Во время войны, в особенности для закупки продовольствия, государству необходима была валюта. Все значительные капиталы Рентгена помещены были в голландские бумаги, и все он отдал без остатка по первому требованию. Он и здесь не знал компромиссов и из многих сотен тысяч не оставил себе ни гульдена. Последние годы своей жизни он принужден был отказывать себе в самом необходимом. Только раз в неделю он мог позволять себе мясное блюдо. Чтобы исполнить свое желание перед смертью снова посетить места, где он жил с недавно скончавшейся женой в Швейцарии, он должен был на целый год отказаться от кофе и т. п.

Рентген был большой и цельный человек в науке и жизни. Вся его личность и его деятельность принадлежат прошлому. Но только потому, что жил Рентген, могла появиться современная физика. Рентгенов ток был толчком к электронной теории; рентгеновы лучи — к современной электронике. На прочном, им созданном, фундаменте выросло новое здание. Если яркая окраска иных деталей часто противоречила его вкусу, то фундамент, материал и методы для постройки дал нам Рентген.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ В. К. РЕНТГЕНА.

1. Mitteilung einiger Versuche aus dem Gebiete der Kapillarität. Wied. Ann. 1878. 3. 321—328.
2. Ueber ein Aneroidbarometer mit Spiegelablesung. Wied. Ann. 1878. 4. 305—311.
3. Ueber die von Herrn Kerr gefundene neue Beziehung zwischen Licht und Elektricität. Wied. Ann. 1880. 10. 77—92.
4. Ueber Töne, welche durch intermittierende Bestrahlung eines Gases entstehen. Wied. Ann. 1881. 12. 155—159.
5. Ueber die durch elektrische Kräfte erzeugte Aenderung der Doppelbrechung des Quarzes. Wied. Ann. 1883. 18. 213—228. Ber. d. Oberhess. Ges. f. Natur u. Heilkunde, 1882. 22. 49. Wied. Ann. 1883. 19. 319—513.
6. Ueber einen Vorlesungsapparat zur Demonstration des Poisseuilleschen Gesetzes. Wied. Ann. 1883. 20. 268—271.
7. Ueber den Einfluss des Druckes auf die Viscosität der Flüssigkeiten, speciell des Wassers. Wied. Ann. 1884. 22. 510—518.
8. Neue Versuche ueber die Absorption von Wärme durch Wasserdampf. Wied. Ann. 1884. 23. 1—49, 259—298.
9. Ueber Compressibilität und Oberflächenspannung von Flüssigkeiten. Wied. Ann. 1886. 29. 165—213.
10. Ueber die Compressibilität von verdünnten Salzlösungen und die Compressibilität des festen Chlornatriums. Wied. Ann. 1887. 31. 1000—1006.
11. Ueber die Compressibilität des Wassers. Wied. Ann. 1888. 33. 644—661.
12. Elektrische Eigenschaften des Quarzes. Wied. Ann. 1890. 39. 16—24.
13. Ueber die Compressibilität von Schwefelkohlenstoff, Benzol, Aethyläther und einiger Alkoholen. Wied. Ann. 1891. 44. 1—23.
14. Ueber den Einfluss des Druckes auf die Brechungsexponenten von Wasser, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Aethyläther und einiger Alkoholen. Wied. Ann. 1891. 44. 24—51.
15. Ueber die Constitution des flüssigen Wassers. Wied. Ann. 1892. 45. 91—97.
16. Kurze Mitteilung von Versuchen über den Einfluss des Druckes auf einige physikalische Erscheinungen. Wied. Ann. 1892. 45. 98—107.
17. Ueber den Einfluss der Compressibilitätswärme auf die Bestimmung der Compressibilität von Flüssigkeiten. Wied. Ann. 1892. 45. 560—567.
18. Verfahren zur Herstellung reiner Wasser und Quecksilberoberflächen. Wied. Ann. 1892. 46. 152—157.
19. Notiz über eine Methode zur Messung von Druckdifferenzen mittels Spiegelablesung. Wied. Ann. 1894. 51. 414.
20. Mitteilung einiger Versuche mit einem rechtwinkligen Glasprisma. Wied. Ann. 1894. 52. 589—592.

21. Ueber den Einfluss des Druckes auf die Dielektricität des Wassers und des Aethylalkoholes. Wied. Ann. 1894. 52. 593—603.

22. Ueber eine Neue Art von Strahlen. Ber. d. Würzb. Ges. Dez. 1895. März 1896. März 1879. Ann. d. Phys. 1898. 1. 1—37.

23. Elektrizitätsleitung in Kalkspath. Ber. d. Münch. Akad. 1907.

24. Ueber die Wärmeausdehnung des Diamanten. Ber. d. Münch. Akad. 1912.

25. Ueber die Elektrizitätsleitung in Kristallen und über den Einfluss einer Bestrahlung darauf. Ann. d. Phys. 1913, 1921, 1923.

26. Pyro-und Piezoelektrische Untersuchungen. Ann. d. Phys. 1914. 737—800.
