

Федеральное агентство научных организаций

Федеральный исследовательский центр
«Институт прикладной физики РАН»

Б. В. Булюбаш

**ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ:
ПОРТРЕТЫ
И СЮЖЕТЫ**

**Нижний Новгород
ФИЦ ИПФ РАН
2016**

УДК 53(09)
ББК 22.3г(0)
Б90

Издано по решению редакционно-издательского совета
ФИЦ «Институт прикладной физики РАН»

Булюбаш, Борис Викторович
Б90 Из истории физики : портреты и сюжеты / Б. В. Булюбаш ; Федер. агентство науч. орг., Федер. исслед. центр «Ин-т приклад. физики РАН». — Нижний Новгород : ФИЦ ИПФ РАН, 2016. — 188 с.

ISBN 978-5-8048-0115-2

Сборник составлен из статей автора, опубликованных в 2010—2015 годах в журналах «Потенциал: Математика. Физика. Информатика» и «Потенциал: Химия. Биология. Медицина».

Книга предназначена для студентов и аспирантов физических специальностей, а также для всех интересующихся историей науки.

УДК 53(09)
ББК 22.3г(0)

ISBN 978-5-8048-0115-2

© Булюбаш Б. В., 2016
© ФИЦ «Институт прикладной физики РАН», 2016

Предисловие автора

Очерки, вошедшие в настоящее издание, публиковались в течение последних нескольких лет в журналах «Потенциал: Физика. Математика. Информатика» и «Потенциал: Химия. Биология. Медицина».

Почти все «портреты» написаны по предложению редакции первого журнала и привязаны к соответствующим круглым и некруглым датам. Что касается четырех «сюжетов», то их появление объясняется исключительно личными пристрастиями автора. Так, история изучения лейденской банки привлекает своей необычной растянутостью во времени: начавшаяся в XVIII веке, она закончилась в XX. А история опытов Джоуля удивила неожиданным социокультурным измерением: прецизионные эксперименты по определению механического эквивалента теплоты оказались связанными... с технологией производства пива.

В процессе подготовки «портретов» и «сюжетов» автор использовал как русскоязычные, так и англоязычные источники, стремясь сделать текст в максимальной степени оригинальным. Во многих случаях важным источником информации были историко-научные публикации, доступные только в «бумажном» варианте. Так, в Интернете не представлены издаваемые незначительными тиражами журнал «Вопросы истории естествознания и техники» и ежегодник «Исследования по истории физики и механики».

Кого автор видит потенциальным читателем сборника «Из истории физики: портреты и сюжеты»? В первую очередь, аспирантов ИПФ и ИФМ РАН, которым автор уже семь лет читает курс истории физики. В этом контексте сборник следует воспринимать как методическое сопровождение курса истории и философии науки, и автор рассчитывает, что работа со сборником поможет аспирантам написать реферат по истории физики.

Важно также отметить следующее. В недалеком будущем многие аспиранты войдут в учебные аудитории в качестве преподавателей. Знакомство с историей физики, несомненно, повысит их квалификацию как педагогов — в равной степени и высшей, и средней школы.

Кроме того, не следует забывать о многочисленных пересечениях истории науки с научной журналистикой и с популяризацией науки в целом. О важности участия в этих видах деятельности сотрудников академических институтов неоднократно говорил в своих выступлениях президент РАН В. Е. Фортов.

К целевой аудитории сборника можно отнести также учителей физики и естествознания. Особенно актуальным представляется использование истории науки на уроках физики и естествознания в гуманитарном профиле.

Автор рассчитывает, что в некоторых случаях чтение материалов сборника положит начало самостоятельному исследованию. Таковым может стать реферат аспиранта или доклад школьника на конференции научного общества учащихся. Вопросы и комментарии, которые появятся у таких читателей, можно присылать на электронный адрес borisbulubash@gmail.com. Автор будет считать свою задачу выполненной, если его тексты помогут читателю увидеть в истории физики самостоятельное и живое направление современной науки.

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

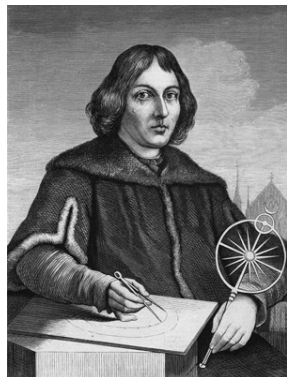
Страницы жизни

Великий астроном Николай Коперник родился 19 февраля 1473 года в польском городе Торуне. Его отец, тоже Николай Коперник, был известным в городе купцом и выборным городским судьей. Мать, урожденная Варвара Ватзенроде, была дочерью председателя городского суда. В 1483 году Николай Коперник-старший умирает, и с этого времени семью поддерживает Лука Ватзенроде — брат матери будущего ученого. Выпускник Болонского университета, доктор канонического права¹ Лука Ватзенроде сделал успешную карьеру в церкви и в 1489 году был утвержден епископом Вармийской епархии. В том же 1489 году умирает мать Николая, после чего его дядя полностью принимает на себя заботу о племянниках и племянницах (у Николая был брат Андрей и сестры Варвара и Екатерина).

После трех лет обучения в Краковском университете Коперник возвращается в Торунь, чтобы принять участие в выборах на должность каноника (настоятеля собора) Вармийской епархии. Ее епископ, Лука Ватзенроде, рассчитывал устроить племянника на эту должность, поскольку она гарантировала хороший, стабильный доход. Однако того не избрали. Судя по всему, из-за отсутствия у него ученой степени выпускника университета.

Прерванную учебу Николай продолжает в Италии, а вскоре в Вармийской епархии вновь появляется вакансия каноника. Епископу удается добиться успешного избрания Коперника в 1497 году на вакантную должность во Фромборке, после чего ему предоставляется трехлетний отпуск для получения ученой степени (иными словами, для завершения университетского образования). В Болонье польский «отпускник» изучает юридические дисциплины, там же увлекается астрономией и под руководством болонского астронома Доменико Мариа де Новара начинает проводить самостоятельные астрономические наблюдения.

Проучившись в Болонье три года, он в 1500 году переезжает в Рим, а через год возвращается в Польшу, чтобы получить очередной учебный отпуск.



Николай Коперник

¹ Каноническое право — система норм, устанавливаемых решениями церковных соборов и постановлениями римских пап.

На этот раз Коперник выбирает для продолжения своего образования Падуанский университет, известный высоким уровнем преподавания медицины и философии. (Заметим, что еще в Болонье он изучил латынь и греческий язык, что позволило ему читать в подлиннике греческих авторов, в том числе Аристотеля и Платона.) 31 мая 1503 года, после двух лет учебы в Падуе, Коперник получает докторский диплом, но остается в Падуе еще на два года для обстоятельного изучения медицины. Таким образом, в целом его обучение в Италии заняло 10 лет.

Возвратившись в Польшу, он год работает каноником во Фромборке, а затем на шесть лет становится помощником и домашним врачом у своего дяди-епископа. В феврале 1512 года дядя умирает, и Коперник возвращается к месту своей постоянной работы каноником.

Разностороннее образование пригодилось Копернику не только для выполнения обязанностей каноника и в астрономических исследованиях. Во время войны с Тевтонским орденом он вполне успешно руководил строительством укреплений, не забывая при этом и своего медицинского образования: его знали как квалифицированного врача, не отказывавшего в помощи ни своим коллегам, ни знатным людям, ни простым ремесленникам и крестьянам.



Смерть Коперника
(художник А. Лессер)

Умер Николай Коперник в 1543 году, успев завершить работу над главным трудом своей жизни — книгой «О вращении небесных сфер».

Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира

Работа каноника оставляла Копернику достаточно свободного времени для занятий астрономией, которая тогда опиралась на геоцентрическую систему мира. Она была разработана древнегреческим ученым Клавдием Птолемеем и изложена в его трактате «Альмагест»¹. Птолемей

¹ «Альмагест» («Великое построение») — краткое название на арабском языке сочинения К. Птолемея «Тринадцать книг математических построений».

развивал идеи, сформулированные в трудах Аристотеля, величайшего мыслителя эпохи Античности. В картине мира Аристотеля Вселенная считалась конечной и центральное положение в ней занимала Земля; небесные тела имели форму идеальных сфер; каждое из них находилось в своей сфере, совместно с которой оно перемешалось по небу.

Модель Аристотеля была качественной, а первую количественную модель Вселенной построил на ее основе во II веке нашей эры Птолемей, приняв несколько постулатов: шарообразность Земли, круговое и равномерное движение небесных тел, неподвижность Земли, а также представление о ней как о центре Вселенной. При этом, строго говоря, эта модель не была геоцентрической. Согласно ей, рядом с центром Земли располагается центр окружностей, по которым движутся центры других окружностей (меньшего радиуса). Последние, именуемые эпикаклами, как раз и представляют собой траектории движения планет. Не вдаваясь в подробности, заметим, что в итоге Птолемею удалось представить сложное движение известных ему пяти планет суперпозицией простых круговых движений. При этом сам он никоим образом не претендовал на открытие истинного устройства Вселенной.

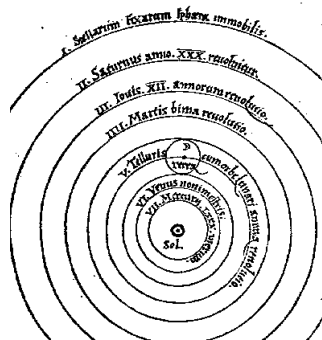
Описание гелиоцентрической системы мира Коперник впервые представил в трактате «Малый комментарий», который был написан между 1530 и 1533 годом и распространялся в рукописном виде. В этом сочинении дана «словесная» концепция гелиоцентрической системы, без математических доказательств. Во введении к нему Коперник формулирует семь «аксиом» — основных положений своей теории. Вот три из них:

«Центр Земли не является центром мира, но только центром тяготения и центром лунной орбиты.

Все движения, замечающиеся у небесной тверди, принадлежат не ей самой, а Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вся вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов, причем твердь и самое высшее небо остаются все время неподвижными.

Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного как бы в середине всего, так что около Солнца находится центр мира».

Какие принципиально новые идеи принесли в астрономию труды Николая Коперника? В его гелиоцентрической системе Земля вращается вокруг собственной оси (что объясняет суточное изменение звезд-



Небесные сферы в рукописи Коперника

ного неба); ось вращения Земли в процессе орбитального движения вокруг Солнца остается параллельной самой себе (что делает понятным смену времен года); движения всех небесных тел представляют собой, как и в геоцентрической системе, комбинации круговых движений, но с формальной, математической, точки зрения имеют существенное преимущество: для объяснения движений всех планет Копернику понадобилось 34 круга вместо 77 у Птолемея. (Заметим, что в модели Коперника Солнце находится тоже не в центре планетных орбит, а рядом с ним, поэтому его система мира не стала гелиоцентрической.)

Итак, с основными идеями Коперника астрономы имели возможность познакомиться уже в начале 30-х годов XVI столетия. Одним из таких астрономов был молодой и энергичный профессор математики Виттенбергского университета Иоахим Ретик. Чтобы изучить гелиоцентрическую систему Коперника в деталях, он в марте 1539 года приезжает во Фромборк, а уже в 1540 году в Гданьске выходит в свет его собственное изложение этой системы.



Астроном Коперник. Разговор с Богом (художник Ян Матейко)

Энтузиазм, с которым написано сочинение Ретика, безусловно, способствовал популяризации идей гелиоцентризма.

Однако главной заслугой Ретика в продвижении идей гелиоцентризма было не столько издание собственных трудов, сколько влияние на Коперника. Именно Ретик убедил его подготовить к печати максимально подробное изложение гелиоцентрической картины мира.

В конце концов, первое издание главного труда Коперника — книги «О вращениях небесных сфер» — вышло в свет в мае 1543 года в немецком городе Нюрнберге. В том же месяце Коперник умер. Согласно легенде, он успел увидеть свой труд изданным.

Неизбежность некоторых компромиссов

В предисловии к трактату Николая Коперника «О вращениях небесных сфер», написанном лютеранским богословом Осияндером, читателя предупреждают, что он встретит в книге всего лишь удобную гипотезу и что с ней не следует связывать реальное устройство Вселенной. (Хотя за несколько лет до смерти в послании папе Павлу III сам Коперник с

определенностью заявлял, что его теория истинна.) По всей видимости, Осиандер видел расхождение идей Коперника с церковными канонами и стремился предупредить возможные действия церкви против книги.

Предложенная Коперником система мира, в центре которой находилось Солнце, представляла собой значительный отход от традиционных представлений о Земле как о центре мироздания, и принять эту систему психологически было очень непросто. Датский астроном Тихо Браге (1546—1601) разработал компромиссную модель, в которой планеты двигались вокруг Солнца, а оно, в свою очередь, перемещалось по круговой траектории вокруг Земли. У него появились вполне определенные причины быть неудовлетворенным системой Коперника. По его мнению, движения Земли в пространстве должны проявиться в параллактических смещениях звезд.

Действительно, если Земля движется в пространстве, то в разных точках ее орбиты астроном должен для наблюдения одной и той же звезды ориентировать телескоп в разных направлениях, что вызовет угловое смещение видимых положений звезды, его-то и называют звездным параллаксом. Такие смещения, однако, тогда зафиксировать не удавалось.

И только в 1837—1840 годах Фридриху Бесселю и Василию Яковлевичу Струве удалось определить годовые параллаксы звезд из созвездия Лебедя и созвездия Лиры. Только к этому времени приборы стали достаточно точными, чтобы зафиксировать звездный параллакс. К примеру, измеренный Бесселем параллакс Веги составлял четверть угловой секунды! Вполне естественно, что в XVI веке об измерении столь малых углов не могло быть и речи. Что же касается модели Тихо Браге, то ее компромиссный характер сыграл значительную роль в пропаганде идей гелиоцентризма.

Компромиссный оттенок несет в себе и обоснование Коперником правдоподобности своей системы мира. Он считал, что природные тела стремятся к совершенству, целостности и единству, а символ совершенства в природе в первую очередь геометрическая форма сферы. Соответственно сферическая форма Земли естественным образом согласуется с ее круговым движением. В том же духе он отвечал и на заявления своих оппонентов о том, что им абсолютно непонятно, почему Земля (если она действительно движется) не выскальзывает из-под ног. По его словам, находящиеся на Земле люди и животные, облака и птицы принадлежат природе Земли и принимают участие в ее естественном круговом движении. Причем рассуждения Коперника по поводу сферы и круга относятся в равной степени и к Земле, и к ее движению во Вселенной. Тем самым он отказался от противопоставления Земли (подлунного мира) надлунному (миру планет и звезд), в котором,

по мнению Птолемея и его сторонников, только и могут происходить совершенные движения. (Напомним, что такое противопоставление существовало с эпохи Античности.)

Истоки идей гелиоцентризма

Рассказывая о Копернике, нельзя не упомянуть гипотезу о движении Земли, появившуюся еще в древние времена. Ее сторонником был Аристарх Самосский. Он считал, что Солнце в несколько раз больше Земли, а потому вращение менее массивного тела (Земли) вокруг более массивного (Солнца) выглядит вполне логично. Большинство же античных философов придерживались иной точки зрения: размеры Солнца не превышают размеров греческого полуострова Пелопоннес, и естественно предположить, что именно оно, а не Земля, движется в пространстве.

Вопросам о размерах видимой части Вселенной в сравнении с Землей Коперник уделяет большое внимание. Одну из глав своего трактата он так и называет — «О несоизмеримости неба по сравнению с величиной Земли», где, в частности, пишет: «Небо неизмеримо велико по сравнению с Землей и представляет бесконечно большую величину; по оценке наших чувств Земля по отношению к нему как точка к телу, а по величине как конечное к бесконечному». Такое представление о мире соответствовало именно гелиоцентрической модели.

Согласно современной картине мира Земля не обладает какими-либо привилегированными свойствами по сравнению с другими планетами. Солнце — рядовая звезда нашей Галактики, Млечного Пути, а он — рядовая галактика во Вселенной. Формирование этой картины мира было очень сложным и длительным. Первый же шаг на пути к ней (и, пожалуй, самый трудный) был сделан Николаем Коперником.

Процесс признания гелиоцентрической системы

Для признания гелиоцентрической модели мира, как и геоцентрической, большое значение имели открытия в географии. Действительно, Птолемей был автором не только астрономического трактата «Альмагест», но и весьма популярного в образованных кругах трактата «География». В этом смысле геоцентрическая картина мира воспринималась «в пакете» с представлениями о том, что на Земле можно выделить Восточное и Западное полушария. Европа, Азия, Африка и прилегающие к ним острова относились к Восточному полушарию; считалось, что в Западном полушарии находится в основном вода и что оно необитаемо.

Эти представления стали разрушаться благодаря открытиям Христофора Колумба. У современников великих географических откры-

тий постепенно укреплялась мысль о том, что, если ошибочна эта география, то, возможно, ошибочны и существующие представления об устройстве мира, то есть сама геоцентрическая система с ее разделением подлунного и надлунного миров.

В гелиоцентрической системе мира исчезала необходимость такого разделения. Историк науки Игорь Дмитриев отмечает, что отказ от разделяющей эти миры границы совпал по времени с исчезновением границы между обитаемым миром и водной стихией, которое произошло благодаря открытиям Колумба. Некоторые историки науки полагают вполне вероятным, что на окончательную победу гелиоцентризма существенное влияние оказала публикация в 1507 году карты Мартина Вальдземюллера, на которой были нанесены открытые Колумбом земли Нового Света.

Католическая церковь вначале относилась к работам Николая Коперника весьма благосклонно, но резко негативно реагировали на его идеи протестанты (в первую очередь Мартин Лютер и его сторонники). Лютер называл Коперника глупцом, поскольку тот не принимал во внимание Ветхий Завет, в котором повествуется об Иисусе Навине, повелевшем для продления дня остановиться Солнцу, а не Земле. Католическая церковь, впрочем, изменила свое отношение к учению Коперника и в 1616 году включила труд Коперника «О вращении небесных сфер» в «Индекс запрещенных книг». Одной из причин такого решения стала активная пропаганда гелиоцентризма монахом Джордано Бруно (казненным по приговору инквизиции в 1600 году). Открытым сторонником Коперника стал великий естествоиспытатель Галилео Галилей (также подвергнутый суду инквизиции за поддержку идей Коперника). Впоследствии гелиоцентрическая система мира была признана католической церковью, и в 1822 году запрет с книг Коперника и его сторонников был официально снят.

Заметим, что в популярной литературе иногда встречается мнение, что Джордано Бруно был казнен инквизицией исключительно за поддержку гелиоцентрической системы Коперника. Это утверждение не вполне верно. Среди главных предъявленных ему обвинений — пропаганда концепции множественности миров, даже не сама концепция, а то содержание, которое вкладывал в нее Бруно, считая, что иные миры — это планеты и звезды, которые видны на небе. При этом он был, конечно же, активным сторонником модели Коперника. То, что он был казнен по приговору инквизиции, естественно, обозначило противостояние сторонников гелиоцентризма и католической церкви.

Система мира с Землей, помещенной в центре, была очевидна, наглядна и привычна. Картина мира, в которой в центре помещалось Солнце, предполагала изменение обыденного сознания, в котором сре-

ди прочего было и представление о человеке как о венце творения. Но XVI—XVII века были временем социальных потрясений, рождения новых этических ориентиров, связанных с Реформацией и, как пишет российский историк культуры Л. М. Косарева, с идеей о том, что «все лучшее, значимое, достойное не дано человеку как его прирожденное свойство (напротив, его природа ущербна), но находится вне его, в центре его нравственных устремлений, в божественной воле и может стать его внутренним достоянием лишь при условии упорного душевно-духовного труда по самосознанию». В этой связи можно говорить о популярности в то время своего рода «духовного гелиоцентризма».

Ориентация на духовный гелиоцентризм в конечном счете подготовила человека европейской культуры к признанию гелиоцентризма физического. А своей системой мира Николай Коперник в известном смысле объединял обе разновидности гелиоцентризма. Он не просто разработал более удобную для расчетов математическую модель Вселенной, он образно утверждал такую мысль: «Ведь не напрасно некоторые называют Солнце светильником мира, другие — умом его, а третьи — правителем... Конечно, именно так Солнце, как бы восседая на царском троне, правит обходящей вокруг него семьей светил».

Важнейшая роль в пропаганде системы Коперника принадлежит Галилео Галилею. Даже его первое открытие, сделанное в ходе телескопических наблюдений, — открытие спутников Юпитера — показало возможность вращательного движения небесных тел не только вокруг покоящегося тела (Земли), но и вокруг тела движущегося (Юпитера). Это означало, что вращение Луны вокруг Земли и вращение Земли вокруг Солнца вполне могут осуществляться одновременно. Аргументом в пользу вращательного движения Земли вокруг собственной оси стали обнаруженные Галилеем пятна на Солнце, позволившие открыть вращение Солнца вокруг своей оси. Признание этого движения у нашей звезды лишило оснований отрицание такого же вращательного движения у Земли.

Кстати, Коперник критикует геоцентризм и за то, что он не допускает такого вращения. Сторонники геоцентрической системы считали, что в этом случае Земля из-за центробежного эффекта распалась бы на части. Существование планеты — аргумент в пользу ее неподвижности и вращения вокруг нее неба. Используя ту же аргументацию, Коперник замечает, что для небесной сферы со звездами в силу больших размеров последствия вращения были бы еще более значительными. (Тем самым он допускает возможность той же аргументации применительно к небу, что и к Земле. Сам по себе такой подход был революционным, а для античных астрономов и Птолемея неприемлемым.)

В России процесс признания гелиоцентрического мироздания Коперника был непростым. Реально он начался после реформ Петра I, связанных с созданием Академии наук и пропагандой достижений европейской науки.

Этим реформам активно противодействовала православная церковь, опасавшаяся проникновения в Россию вместе с европейскими учеными чуждых религиозных идей. Известен случай, когда представителям церкви удалось фактически игнорировать даже личное распоряжение Петра I. Речь идет об издании сочинения Христиана Гюйгенса «Космотеорос», в котором один из самых известных естествоиспытателей того времени пропагандировал гелиоцентрическую картину мира Коперника.

Именно поэтому ее и рекомендовал для перевода на русский язык Яков Брюс — один из ближайших соратников Петра I. Согласно распоряжению царя (сделанному им перед поездкой в Голландию) книга должна была быть отпечатана максимальным тиражом — 1200 экземпляров. Однако ее тираж оказался всего 30 экземпляров. Объясняя это, директор типографии писал, что воспринял книгу как «богопротивную», «богомерзкую» и из богобоязни напечатал только 30 экземпляров. После возвращения в Россию Петр повторил свое распоряжение, и книга все же была напечатана изначально предполагавшимся тиражом (1200 экземпляров). Знакомство образованной части российского общества с книгой Гюйгенса, безусловно, способствовало распространению идей Коперника и в России.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 2 за 2013 год.*

ИОГАНН КЕПЛЕР

Жизнь и карьера

Иоганн Кеплер (1571—1630) родился в деревне близ города Гейм в Германии. В детстве он отличался повышенной болезненностью и потому часто пропускал школьные занятия. В 1588 году Кеплер поступает на богословский факультет Тюбингенского университета. Почему именно на богословский? Потому что родители Кеплера мечтали увидеть сына обеспеченным носителем духовного знания. На первом курсе богословского факультета изучалась математика. Блестящие способности Кеплера выделяли его среди прочих студентов, и на него обратил внимание профессор Местлин.



Иоганн Кеплер

В частных беседах Местлин познакомил Кеплера с системой Коперника. Поддержка Кеплером этой системы показалась подозрительной богословам, и поэтому, окончив университет, Кеплер отказывается от карьеры священника и в 1594 году занимает должность профессора математики в Граце. Несомненную известность ему приносит сочинение «Космографическая тайна» (иногда название переводят как «Тайна мироздания»). Кеплер прислал это сочинение Местлину, рассчитывая, что тот поможет напечатать его в Тюбингене. Несмотря на то что теория движения Земли Кеплера, по мнению некоторых богословов Тюбингена, наносила ущерб взглядам, изложенным в Библии, сочинение с немалым трудом удалось опубликовать. Благодаря этому Кеплер приобретает известность. И весьма вовремя, так как, будучи протестантом, он подвергался религиозным преследованиям.

Именно известность помогла ему переехать в Прагу и начать совместную работу с Тихо Браге (1546—1601). Через два года после этого переезда Тихо Браге умирает, и Кеплер занимает его должность — императорского астронома, астролога и алхимика. Этот статус Кеплер сохраняет до 1612 года, постоянно сталкиваясь, несмотря на формально высокий статус, с нерегулярной выплатой жалованья.

Судебный процесс над матерью Кеплера

В 1618 году Катерина Кеплер — мать Иоганна Кеплера — была обвинена в колдовстве. История самого тяжкого в то время обвинения следующая. Катерина Кеплер поссорилась со своей соседкой Урсолой.

Прошло некоторое время, соседка заболела, и, желая отомстить Катерине, публично заявила, что Катерина отравила ее неким «колдовским» снадобьем. В то время подобные обвинения были весьма обычным делом. И в образованных и в малообразованных слоях общества существование ведьм и колдунов под сомнение практически никогда не ставилось. Именно в эпоху Возрождения



Суд над ведьмой

было сожжено наибольшее количество «ведьм». По некоторым оценкам, только в Германии с конца XVI до середины XVII века казни на костре было подвергнуто около 30 тысяч «ведьм».

В 1621 году защитой Катерины Кеплер на судебном процессе были представлены аргументы, подготовленные в основном самим Кеплером. В этом крайне важном для него процессе Кеплер выбрал следующую стратегию: подвергать сомнению не факт существования ведьм, но причинно-следственную связь между действиями Катерины Кеплер и иными событиями — например, болезнью ее соседки Урсулы. В роли адвоката Кеплеру удалось добиться успеха, и его мать была выпущена на свободу. Такой исход был крайне редким событием для подобного рода процессов.

Бог и геометрия

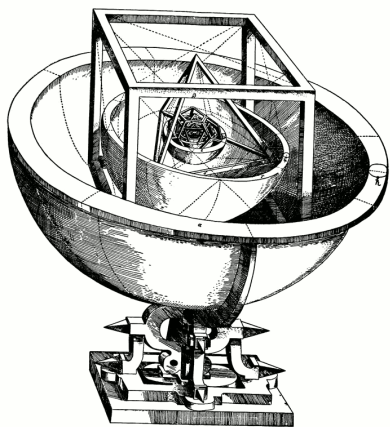
Наиболее важным разделом математики Кеплеру представляется геометрия. Геометрические образы олицетворяют для него высший разум — Бога. Он пишет об этом необычайно эмоционально: «Геометрия существует от сотворения вещей, вечная как вечный Дух Божий. Геометрия есть сам Бог... и служит ему прообразом при сотворении мира. Вместе с образом Божиим геометрия вошла в людей и была воспринята ими не только с помощью глаз». При этом сущность Бога для Кеплера символизирует изогнутая поверхность сферы. Прямая линия — несовершенный символ материального мира. «Встречаются» эти два символа в образе окружности: «Окружность одновременно принадлежит и секущей плоскости... и усеченной сфере, будучи местом их встречи».

Для нас, воспитанных в духе естествознания Галилея и Ньютона, естествознания Нового времени, символы Кеплера непривычны и непонятны. Но уникальность личности Кеплера в том, что мы получаем

возможность проследить в его высказываниях переход от мышления средневекового к мышлению XVII века. Действительно, символы Кеплера соответствуют средневековому учению о знаке вещей. Внешняя форма вещей, согласно «учению о знаке», проявляет их скрытую сущность, скрытый смысл.

Геометрическая модель Солнечной системы

Обратимся к «Космографической тайне». Что нового было предложено Кеплером в этом сочинении для раскрытия тайн мироздания? Отметим, во-первых, что полное название сочинения уже сообщает некоторую информацию о его содержании: «Предвестник космологического очерка, который содержит тайну Вселенной. Об удивительной пропорции небесных сфер и об истинной и особенной причине числа, размеров и периодических движений небес, установленной посредством пяти правильных астрономических тел». В это время было известно о существовании помимо Земли пяти планет Солнечной системы: Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. (Уран был открыт в конце XVIII века, Нептун — в начале XIX; Плутон, открытый уже в XX столетии, в 2006 году был исключен по решению Международного астрономического союза из числа планет и переведен в разряд карликовых планет). Кеплер пытался найти закономерность в расстояниях этих планет от Солнца. Согласно Кеплеру радиусы орбит планет совпадают с радиусами сфер, связанных с правильными многогранниками. Напомним, что правильными называют многогранники, гранями которых являются правильные многоугольники, таких многогранников существует пять видов.



«Кубок Кеплера»: модель Солнечной системы из пяти платоновых тел

являются правильные многоугольники, таких многогранников существует пять видов.

Приведем описание модели Кеплера из «Истории физики» Ф. Розенбергера. «Представим себе, что вокруг Солнца описан шар, проходящий через Меркурий; если вокруг этого шара мы опишем правильный октаэдр, а вокруг последнего опять шар, то на поверхности второго шара опять будет Венера. Описав вокруг последнего шара икосаэдр, мы получим на окружности третьего шара, описанного вокруг икосаэдра, Землю. Идя таким образом все да-

лее и далее и описывая попеременно — додекаэдр, шар, тетраэдр, шар, гексаэдр, шар, увидим, что последние три шаровые поверхности будут последовательно проходить через три остальные планеты — Марс, Юпитер и Сатурн. Построение это только приблизительно отвечает положению двух последних планет и, разумеется, не имеет значения для современной физики («История физики» Розенбергера написана в конце XIX века. — Б. Б.), стремящейся открывать не только закономерности, но и причины последних. Тем не менее оно свидетельствует о поразительной способности Кеплера связывать отдаленнейшие явления и открывать отношения, никому не приходившие на ум. Без этой способности он никогда не пришел бы к своим знаменитым законам планетных движений».

Заметим, что расхождение с размерами орбит (приводимыми в системе мира Коперника) достигает в модели Кеплера 10 процентов. Этот факт, впрочем, его мало смущает, поскольку в отличие от Коперника система Кеплера подчинена единому закону построения.

Этот закон построения был по сути геометрическим принципом. Напомним, что представление о силе тяготения со стороны Солнца, определяющей движение планет по их орбитам, появилось в физике с законом всемирного тяготения Исаака Ньютона. Что же касается сочинения «Космографическая тайна», то в нем какой-либо закон силы не обсуждается, хотя Кеплер и упоминает о силах магнитного притяжения, возможно, действующих на планеты со стороны Солнца. Заметим, что магнит был в то время весьма распространенным объектом исследования, и в 1600 году вышла в свет ставшая широко известной книга английского врача У. Гильберта «О магните». Вот какие слова написал Кеплер в 1597 году своему учителю Местлину: «Бог, который создал все в этом мире в соответствии с количественными нормами, также наделил человека разумом, который может постичь эти нормы». Более чем через три столетия великий датский физик Нильс Бор, создатель квантовой теории атома, напишет: «Интерпретация атомного номера (имеется в виду номер химического элемента. — Б. Б.) как числа орбитальных электронов знаменует, можно сказать, важный этап на пути к осуществлению самой смелой мечты современной науки, а именно на пути к упорядочению природы на основании рассмотрения только чисел». В действительности у Бора и Кеплера один предшественник — великий древнегреческий мыслитель Пифагор, стремившийся выстроить на числовых закономерностях систему мироздания.

Мы видим, что Кеплер пренебрегает отклонением своей геометрической модели от наблюдений, игнорируя десятипроцентное расхождение и делая, таким образом, отчетливый выбор в пользу модели. Оправ-

данием для него может, однако, служить незначительное расхождение теории и астрономических наблюдений. В модели Кеплера присутствовала и отчетливая внелогическая компонента. Так, по его мнению, упоминаемые в модели окружности (траектории движения планет) следует понимать как предельные абстракции, главным образом из-за того, что «ни окружности каких-либо определенных размеров, ни столь несовершенной окружности, какими являются материальные, воспринимаемые окружности, не свойственен образ Божьего Духа».

Новая теория движения планет

Занимая в Праге пост императорского математика, Кеплер сталкивался с немалыми трудностями. Начнем с того, что определенное ему жалование было в шесть раз меньше жалования, которое было назначено Тихо Браге. Впрочем, и эта сумма была чисто номинальной, поскольку свое жалование Кеплер смог получить в полном объеме лишь за один год из тридцати, проведенных на службе. Существенные трудности были связаны у него с доступом к журналам наблюдений Тихо Браге. Только в 1604 году удалось заключить соглашение с зятем Тихо, по которому Кеплеру передавалась часть журналов, и он, в свою очередь, обещал не публиковать ничего из содержания журналов до окончания составления планетных таблиц.



Тихо Браге

Чтобы составить точные таблицы, требовалось ни много ни мало разработать новую теорию движения планет. В 1609 году Кеплер публикует сочинение «Новая астрономия». В этой книге он подробно анализирует данные о движении Марса и принимает необычно смелое решение — отказаться от представления о круговых траекториях. Новая гипотеза Кеплера состояла в том, что планеты движутся по эллиптическим траекториям, в фокусе которых находится Солнце.



Памятник Кеплеру и Тихо Браге в Праге

Теория и эксперимент

Теоретического обоснования у этой гипотезы быть не могло, оно появилось только в работах Исаака Ньютона в конце XVII века. Окружность и круг были неотъемлемыми элементами всех космологических систем со времен древних греков. У Кеплера образ круговой траектории основывался на весьма важных для него аргументах религиозно-символического характера. Поэтому гипотеза эллиптических траекторий могла быть обоснована только эмпирически. Подтвердив ее в многочисленных наблюдениях, Кеплер получил возможность сформулировать свой первый закон движения планет вокруг Солнца.

При этом самый авторитетный современник Кеплера — великий Галилей — так и не принял первого закона, для Галилея существенно важнее эмпирических было теоретическое обоснование. В картине мира Галилея идеальным объектом космологии могла быть только окружность, при этом главным аргументом были соображения эстетические, его интерес к гармонии музыкальных произведений, к пропорциям в архитектуре и живописи.

Законы Кеплера. Системный подход

Итак, в «Новой астрономии» впервые была приведена формулировка двух законов Кеплера. Первый закон — планеты движутся по эллипсам, в фокусе которых находится Солнце, — уже предполагал, как было сказано, резкий отход от традиций. Действительно, эллипс был известен исключительно как кривая, которая получается в результате сечения конуса плоскостью (другие конические сечения — парабола и гипербола). Ни в одной из естественных наук, помимо геометрии, ни одно из конических сечений не использовалось. Единственной кривой, фигурировавшей в гипотезах и теориях физиков и астрономов, была окружность. Конические сечения исследовали еще античные математики, и прошло двадцать веков, прежде чем эти математические объекты нашли применение в естествознании. Данный пример — отличная иллюстрация избыточности математики, предмет исследования которой современникам нередко кажется чрезмерно абстрактным, но проходит время, и именно то, что исследовали математики много лет назад, оказывается идеальным инструментом для изучения, к примеру, новой области физики. Так, созданная Н. И. Лобачевским геометрия оказалась идеальным математическим языком для общей теории относительности Альберта Эйнштейна.

Второй закон Кеплера называют иногда законом равных площадей. Он утверждает, что радиус-вектор, соединяющий Солнце с движущейся

по эллиптической траектории планетой, «замечает» за равные промежутки времени равные площади. Для Кеплера открытие второго закона означало реабилитацию утерянного с первым законом принципа постоянства. Ведь по системе Коперника скорость движения планет по круговой орбите предполагалась постоянной. В системе Кеплера постоянной во времени остается более сложная величина — площадь, «замечаемая» радиус-вектором за единицу времени, так называемая секторная скорость.

В действительности же Кеплер открыл второй закон раньше первого. Еще в «Космографической тайне» он пытается найти объяснение своим наблюдениям. Из наблюдений следовало, что скорость планеты на орбите убывает с увеличением расстояния от планеты до Солнца по вполне определенному закону: скорость обратно пропорциональна расстоянию.

Как объясняет Кеплер найденный им закон? Он рассматривает Солнце как центр орбит планет (в «Космографической тайне» Кеплер еще является сторонником круговых траекторий планет) и одновременно как источник света. Основываясь на этом, Кеплер заявляет: «Предположим — и это весьма вероятно, что движущая способность ослабевает, распространяясь от Солнца тем же самым образом, что и свет». Далее он использует данные астрономических наблюдений, согласно которым орбиты всех планет лежат практически в одной плоскости, для весьма нетривиального предположения. По его словам, движущейся способности Солнца нет никакой надобности распространяться в пространстве, она распространяется в плоскости.

При удалении от источника света освещенность в точке, находящейся на расстоянии R от источника, обратно пропорциональна R^2 . По аналогии Кеплер предполагает, что движущая сила Солнца («распространяющаяся в плоскости») убывает обратно пропорционально R . Сила же эта, как считает Кеплер, пропорциональна скорости планеты, тут Кеплер остается верен физике Аристотеля. Таким образом, если $F \sim 1/R$ и $F \sim V$, то $V \sim 1/R$. Из этих формул следует, что произведение скорости на радиус-вектор остается постоянным. Для малых промежутков времени τ произведение $V\tau$ определяет пройденный за это время путь, а произведение пути на радиус-вектор — площадь, которую соединяющий планету с Солнцем радиус-вектор «замечает» за время τ .

Третий закон Кеплера устанавливает, что для всех планет остается постоянным отношение T^2/a^3 , где T — период обращения планеты вокруг Солнца, a — большая ось эллипса. Формулировка третьего закона была впервые приведена в сочинении Кеплера «Гармония мира», вышедшем в 1619 году.

Таким образом, Кеплеру удалось найти в движении планет математическую гармонию. При этом установленные им законы были первыми в истории науки количественными законами, до сих пор в природе стремились отыскать скрытую в ней гармонию только на качественном уровне.

Законы Кеплера не вполне соответствовали данным астрономических наблюдений, и тем не менее Кеплер пренебрег этими расхождениями... Он полагал, что Солнце и планеты представляют собой элементы системы, в отношении которых должны выполняться одни и те же — системные — закономерности. Законы Кеплера были первыми в истории науки количественными, и поэтому они были также и первыми законами, о которых можно было сказать, что они приближенные. Действительно, термины «приближенный» или «точный» в принципе неприменимы, если речь идет только о гармонии кругов и сфер.

Между Средневековьем и Новым временем

Подход Кеплера был принципиально новым еще и потому, что он пытался отыскать силу, ответственную за столь гармоничное и согласованное движение небесных тел. Кеплер считал эту силу магнитной по своей природе, следуя тем самым за английским врачом Уильямом Гильбертом, автором трактата «О магните», заявившим об универсальности магнетизма и о магнитной природе силы тяжести.

Несомненный приоритет Кеплера проявился и в том, что введенное вторым законом понятие о секторной скорости было, по-видимому, первым непосредственно ненаблюдаемым понятием. Привычные для нас столь же ненаблюдаемые понятия «количество теплоты» и «количество движения» из школьного курса физики стали научными понятиями уже значительно позже.

Деятельность Кеплера, несомненно, олицетворяет переход к науке Нового времени. В то же время — и до сих пор мы ничего об этом не сказали — путь, которым Кеплер пришел к открытию своих законов, не похож на путь Галилея или Ньютона. Его вера в гелиоцентрическую систему была религиозной верой. Неподвижное Солнце было для Кеплера источником света, источником силы, приводящим в движение планеты; оно несло в себе, по словам Кеплера, образ Бога-отца. Движущую силу Солнца, в свою очередь, он сравнивал с силой Святого Духа. В не меньшей степени, чем христианские символы, для Кеплера были важны и представления об одушевленности материального мира. Планеты для него были живыми существами, они обладали индивидуальными душами. Так, душа Земли есть та самая причина, благодаря

которой драгоценные камни приобретают очертания пяти правильных многогранников. Пищей Земли, по Кеплеру, является морская вода, волосоми — трава и деревья. Сильные дожди, считает Кеплер, свидетельствуют о том, что Земля больна.

В то же время он категорически не принимал магиико-алхимического подхода к познанию мира, при котором количественный подход отвергался в пользу анализа символов. Это неприятие отчетливо проявилось в переписке Кеплера с Робертом Флуддом. По словам самого Флудда: «...Удел обыкновенного математика — заниматься тенями величия, алхимики же и герметисты постигают истинную сущность природных вещей» (Цит. по: *Паули В.* Физические очерки. М. : Наука, 1975. С. 163). Позиция Кеплера была принципиально иной. Вот что пишет выдающийся физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии Вольфганг Паули о полемике Кеплера и Флудда: «Флудд полагал, что без знания алхимических или розенкрейцеровских таинств невозможно истинное познание гармонии мира, а следовательно — и астрономии. Не зная этих таинств, можно прийти лишь к произвольной, субъективной фикции. Кеплер же, напротив, считал достоянием объективной науки то, что может быть доказано математически, количественно, все же остальное относил к области субъективного».

Кеплер и астрология

Весьма своеобразными были взгляды Кеплера на астрологию. Он считал, что души людей и души растений реагируют на световые лучи, приходящие от звезд к Земле. Вот его собственные слова: «На видимых небесах нет и не может происходить ничего, что никоим образом не ощущалось бы на Земле и не затрагивало бы всех способностей, которыми наделена душа естественных предметов». В связи с этим Кеплер даже обсуждает вопрос о том, не ответственны ли лучи от звезд и планет за гармонично расположенные лепестки у растений. Вольфганг Паули, проанализировавший путь Кеплера к его законам с точки зрения аналитической психологии Карла Юнга, считает: «Непрестанно подчеркивая роль световых лучей, он превратил астрологию в часть физики (точнее, в часть оптики)».

С точки зрения современной психологии процесс познания начинается в области бессознательного — задолго до того, как предмет исследования будет более или менее отчетливо сформулирован на обычном языке. Как пишет Паули: «На этой ступени вместо ясных и четких понятий на первый план выступают образы, насыщенные ярким эмоциональным содержанием, которые не мыслятся, а созерцаются на-

глядно и непосредственно». Именно такими образами наполнены тексты Иоганна Кеплера, именно по этой причине личность Кеплера столь привлекательна и для историков науки, и для психологов, исследующих психологию ученого.

С современной точки зрения Роберт Флудд представляет «псевдонауку», а Кеплер — зарождающуюся науку Нового времени. Но все-таки начало XVII века — это тот период времени, когда еще отсутствуют нормы, определяющие, что относится к науке, а что — к псевдонауке. Наука еще только формируется, у нее нет границ, и она свободно конкурирует с ненаучными формами знания. И только появление научного сообщества с официальным статусом — например, основанного в 1662 году Лондонского королевского общества — приводит к появлению более-менее четко сформулированных правил, призванных отделять научное исследование от псевдонаучного.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 12 за 2011 год.*

РОБЕРТ БОЙЛЬ: НАУКА И ЖИЗНЬ

Роберт Бойль (1627—1691) — выдающийся английский мыслитель, физик и химик, один из организаторов и идеологов Лондонского королевского общества. Активный борец с атеизмом и пропагандист христианских ценностей. Прославился также своими эссе на темы морали; одно из таких эссе побудило Джонатана Свифта написать знаменитый роман «Приключения Гулливера».

Жизнь и карьера

Представитель старинного дворянского рода, Роберт Бойль родился в Ирландии, с 8 лет учился в Итоне — привилегированной английской школе для детей знати. Когда Роберту исполнилось 12 лет, родители



Роберт Бойль

для завершения образования отправили его вместе со старшим братом в Европу; вплоть до 18 лет Бойль продолжает образование с частными тьюторами в Италии, Швейцарии и Франции. В Италии он знакомится с работами Галилея, которые, как Бойль говорил впоследствии, произвели на него сильное впечатление. В 1646—1656 годах живет в Дорсете, там начинает первые эксперимен-

тальные исследования. Затем переезжает в Оксфорд, где его помощником в проведении экспериментов становится Роберт Гук. В 1668-м переезжает в Лондон, создает там новую лабораторию и становится одним из основателей Лондонского королевского общества (ЛКО). Именно ЛКО Бойль завещал огромную коллекцию руд и минералов, которую собирал на протяжении всей жизни.

Открытия Бойля в физике

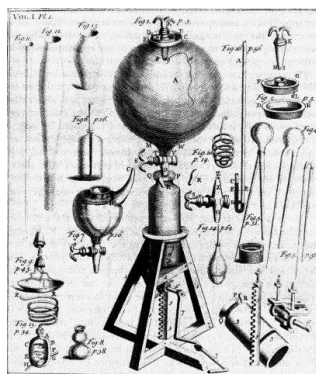
В конце 1650-х годов Бойль знакомится с опытами Отто Герике, который построил первый воздушный насос и продемонстрировал в известном опыте с магдебургскими полушариями огромную величину атмосферного давления. Повторяя опыты Герике, Бойль в 1660 году разрабатывает собственную конструкцию воздушного насоса, с помощью которого можно было выкачивать воздух из сосуда. Изготовил насос помогавший Бойлю в экспериментах Роберт Гук. Чтобы откачивать воздух

с помощью насоса Бойля — Гука, нужно было вращать рукоятку, а не передвигать поршень, как в более ранних конструкциях насоса. Процедура откачки при этом существенно упрощалась. Преимущество насоса конструкции Бойля — Гука было также и в том, что в откачиваемый объем могли быть помещены различные объекты. Это обстоятельство заметно увеличивало диапазон возможных экспериментов.

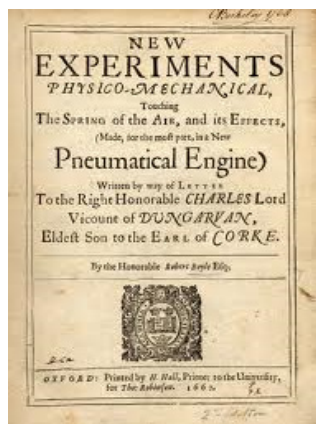
Однако одной из главных проблем оставалась изоляция соединительных узлов насоса: воздух не должен проникать внутрь. Материалы для изоляции были иногда весьма экзотическими: Бойль, например, замазывал соединения сырной стружкой и даже птичьим клеем.

Результаты своих экспериментов с воздушным насосом Бойль публикует в изданной в Оксфорде в 1662 году книге «Новые физико-механические эксперименты, касающиеся упругости воздуха». Один из ключевых экспериментов был следующим. Стекло́нная трубка была изогнута в виде буквы U, причем ее короткое колено было запаяно, а длинное открыто. Чем больше ртути наливали в открытое колено, тем меньший объем занимал воздух в коротком колене и, следовательно, тем больше этот воздух сжимался. Многие современники Бойля не могли представить себе, как столь легкий воздух может уравновесить столб столь тяжелой ртути. Так, некоторые утверждали, что ртуть удерживают в верхнем конце трубки невидимые нити и их можно ощутить с помощью пальцев. Чтобы опровергнуть эти утверждения, Бойль провел специальную серию опытов. Главной его целью было доказать, что воздух представляет собой упругую среду. По результатам эксперимента Бойль составил специальную таблицу, в которой привел и объемы воздуха в запаянном колене, и соответствующие длины столбиков ртути.

Для Бойля был важен сам факт уменьшения объема с увеличением длины столбиков ртути. Оказалось, однако, что в таблице присутствует определенная зако-



Изображение воздушного насоса Бойля



Обложка трактата Бойля «Новые физико-химические эксперименты...»



Картина Джозефа Райта «Опыты с воздушным насосом» (1768).

В стеклянной колбе находится попугай, на колбе установлен кран. Если закрыть кран и откачать из колбы воздух, попугай погибнет. Подобные демонстрационные опыты с научными приборами были популярны среди образованных слоев общества в XVIII веке.

номерность, на которую обратил внимание ученик Бойля Ричард Таунли: объемы воздуха находились с длинами столбиков ртути в обратно пропорциональной зависимости. Бойль сразу же понял важность того, что заметил Таунли, и доказал, что и для давлений меньше атмосферного замеченная им зависимость сохраняется. Закон, открытый Таунли и Бойлем (давление газа обратно пропорционально занимаемому им объему при постоянной температуре), был независимо открыт французским физиком Эдмундом Мариоттом и в российских курсах физики для средней школы упоминается как закон Бойля — Мариотта. Отметим, что в своем докладе об открытии закона Бойль ссылается на близкие по смыслу опыты Паскаля и на работы Гука, в которых был установлен закон упругости.

Изобретение насоса по своему влиянию на развитие науки можно смело поставить в один ряд с изобретением микроскопа и телескопа. Какие новые научные результаты получил с помощью насоса Бойль? Он обнаружил, что в разреженном воздухе теплая вода закипает, и был этим фактом весьма удивлен (холодную воду таким способом довести до кипения ему не удалось). Он также установил, что при трении выделяется тепло, даже если опыт проводится в разреженном воздухе.

Еще один известный опыт Бойля был связан с изучением ртутного барометра. Напомним, что ртутный барометр представлял собой трубку, один из концов которой был запаян. Трубка наполнялась ртутью и опускалась в чашку с ртутью так, что ее открытый конец находился в погруженном состоянии. В этом случае по высоте столбика ртути можно было определить атмосферное давление.



Насос Бойля
в современном исполнении

Бойль обнаружил, что высота ртутного столбика в таком барометре уменьшается, если поместить чашку с ртутью под колпак насоса и выкачивать воздух из пространства над чашкой. Ему удалось обнаружить, что в разреженном воздухе не удастся зажечь многие тела, которые при обыкновенных условиях легко воспламеняются, при этом Бойль не заметил, что в процессе горения часть воздуха поглощается.

Бойля прославил следующий опыт. Он заполнил водой ружейный ствол, заткнул его пробкой и выставил на мороз, в результате по прошествии двух часов ствол разорвался. Опыт демонстрировал огромные силы, возникавшие при увеличении объема воды в процессе замерзания. Заметим, что уменьшение плотности воды при замерзании Бойль объяснял наличием в толще льда воздушных пузырьков.

Химик-скептик

Настоящую революцию в химии произвела книга Бойля «Скептический химик», опубликованная в 1661 году. Ее главная идея: материя состоит из мельчайших частиц — корпускул, а следовательно, одни металлы могут превращаться в другие. Только при жизни Бойля и только по-английски книга была издана два раза — в 1661 и в 1680 годах. В 1662 году вышел ее перевод на латинский язык. «Скептический химик» был издан также в Лондоне, Роттердаме, Женеве и Венеции.

Историки химии считают книгу Бойля символом перехода химии от эпохи алхимических опытов к полноценной экспериментальной науке Нового времени. В отличие от трактатов алхимиков книга Бойля написана четким, ясным и определенным языком. Фактически она состоит из диалогов четырех философов, беседующих в жаркий день в тени дерева. В книге нет многочисленных метафор, образных сравнений, которыми полны трактаты алхимиков — Парацельса, Алберта Великого. В предисловии к книге Бойль пишет: «Химики до сих пор имели в виду узкие цели, как то: приготовление лекарств, превращение металлов, я же избрал другую точку отправления...» Бойль предлагает собственный взгляд на химию: «Я смотрю на химию не как врач или алхимик, а как философ; я начертал план химической философии, которую надеюсь подтвердить моими опытами и наблюдениями». Бойль впервые в истории науки показал, что химия является самостоятельной наукой, а не разделом фармацевтических исследований.

В книге Бойль применяет к химии атомистическую теорию. Он пытается доказать неправильность идей Аристотеля, философия которого провозглашала существование четырех элементов: воздуха, огня, воды и земли. В качестве аргументов Бойль ссылается исключительно на собственные эксперименты, которые он проводил в течение 10 лет до вы-

хода книги в свет. Бойль вводит понятие о простых телах — элементах, к таковым он относит золото, серебро, ртуть. Такой подход весьма прогрессивен для XVII столетия. При этом Бойль далеко не всегда прав с точки зрения современной химии: он, например, считает самостоятельным элементом воду. Как и великий французский физик и философ Рене Декарт, Бойль считает, что атомы жидкостей постоянно движутся, а атомы твердых тел пребывают в состоянии покоя. В качестве аргумента он ссылается, в частности, на растворение твердых тел, а также на известные случаи смешивания жидкостей (например, белого вина с красным).

Бойль был убежден, что «в регулярной серии изменений, постепенно предрасполагающих материю к превращению, в конце концов можно из любой вещи создать любую другую». Почему он считал это возможным? Потому что полагал разные металлы сделанными из одной Всеобщей Материи, но отличающимися по форме, размерам, структуре корпускул-атомов, из которых они состоят. То есть Бойль — сторонник атомно-корпускулярной теории строения вещества, и именно потому он верит в возможность превращения одних веществ в другие. Эта идея имела вполне определенные практические последствия: используя свое влияние, Бойль в 1689 году убеждает Генриха IV отменить королевский указ, запрещавший алхимикам проводить опыты по превращению одних металлов в другие. Благодаря этому алхимики получили возможность продолжать свои опыты, что в итоге способствовало накоплению информации о свойствах различных химических соединений и становлению химии как самостоятельной области знания.

Чем еще прославился Роберт Бойль? Исследованиями люминесценции (известной ученым еще со времен Античности) — холодного свечения гнилых деревяшек и жуков-светляков. Бойлю удалось установить свойства люминесценции: то, что свечение — холодное; то, что его интенсивность возрастает в присутствии некоторых химических соединений, и то, что наблюдается оно исключительно в воздухе. А в 1685 году Бойль публикует небольшую работу о свойствах минеральной воды и ее действии на организм человека.

В 1663 году Бойль выпустил в свет сочинение, в котором описал результаты своих исследований световых явлений. Он, в частности, взбалтывал спирт и скипидар до возникновения пузырей и впервые наблюдал так называемые цвета тонких пленок (возникающие в результате интерференции световых волн, отражающихся от поверхностей пленки).

Наука и общество

Свои статьи и книги Бойль писал по-английски, благодаря этому они были доступны широким слоям населения (например, Ньютон и Гук писали исключительно на латыни). По той же самой причине, кстати, были популярны сочинения писавшего на итальянском языке Галилео Галилея. В Англии Бойль стал широко известен после выхода в свет серии трактатов, в которых он успешно доказывал, что изучение Природы способствует укреплению морали, что, открывая законы Природы, мы начинаем лучше понимать замыслы Творца...

Бойль был активен в пропаганде христианских ценностей: его финансовая поддержка сделала возможным издание Священного Писания на турецком и ирландском языках. Одновременно он издает трактат о демонах, признавая их существование, ссылаясь при этом на неограниченные возможности Творца. Этот пример показывает, что в XVIII веке выдающиеся ученые не ограничивались естественно-научными исследованиями, что вопросы богословия также были для них весьма актуальны. Согласно завещанию Бойля был создан специальный фонд ежегодных «Бойлевских лекций», в которых следовало с научной убедительностью рассказывать о ценностях христианства, противопоставляя эти ценности атеистическому мировоззрению.

С другой стороны, именно Роберт Бойль сформулировал те принципы, которым следовало в своей деятельности Лондонское королевское общество и которые принесли славу британской науке. Экспериментальные доказательства, несмотря на то что любой эксперимент неизбежно содержит ошибки, считались, согласно уставу ЛКО, более надежными в сравнении с доказательствами теоретическими. Бойль отчетливо сознавал необходимость совместных усилий членов общества на пути экспериментального исследования Природы. А потому стремился выработать правила такой коллективной работы. Говоря о стиле мышления экспериментатора, Бойль заявлял, что он помогает человеку становиться свободным и беспристрастным. По мнению Бойля, такой стиль должен характеризовать и политиков, и просто членов общества, сознающих свою ответственность за состояние государства. В реальности идеи Бойля (и идеи ЛКО) действительно повлияли на политическое развитие Англии и Европы. Джон Локк — английский философ и естествоиспытатель, участник экспериментальных исследований Бойля и друг Ньютона, член ЛКО с 1668 года — был активным участником политического процесса, и именно опыт ЛКО помог ему разработать и воплотить в жизнь концепцию гражданского общества.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 12 за 2010 год.*

ИСТОРИЯ ЛЕЙДЕНСКОЙ БАНКИ — ПЕРВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА

Эти стеклянные капсулы, заключенные в стальную оболочку с тяжелым свинцовым дном, — настоящие лейденские банки в миниатюре! Они содержат в себе электрический заряд высокого напряжения. При самом легком толчке они разряжаются, и животное, каким бы могучим оно ни было, падает замертво.

Жюль Верн «Двадцать тысяч лье под водой»

Введение

В XVIII столетии в распоряжении физиков появился электрический конденсатор — принципиально новый прибор, позволявший накапливать электрический заряд. Первым конденсатором стала так называемая лейденская банка, изобретенная в 1745—1746 годах одновременно и независимо друг от друга двумя учеными: немецким естествоиспытателем-любителем Эвальдом Клейстом и профессором университета г. Лейдена Питером Мушенбруком¹. Чем для нас интересна история создания лейденской банки? Тем, что в ней отчетливо проявились ключевые факторы развития научного знания: роль социальных институтов, соотношения теории и эксперимента, проблемы авторства научного открытия, фактор случайности... Конечно же, повествование об истории лейденской банки будет неполным без предыстории — без рассказа о тех достижениях физики XVII—XVIII веков, которые, собственно говоря, и сделали возможным это выдающееся изобретение. Кстати, появление конденсатора не только способствовало развитию физики, но и повышало популярность естественных наук в обществе (опыты с использованием лейденских банок привлекали всеобщее внимание). При всем том полное понимание происходящего при зарядке и разрядке банки отсутствовало достаточно долго, и окончательное согласие в этом вопросе было достигнуто физиками только в начале XX столетия.

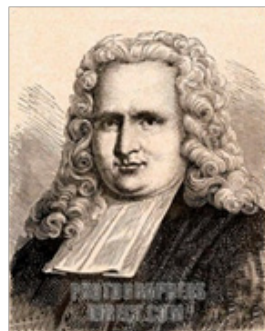
¹ Фамилия Musschenbroek переводилась на русский язык по-разному, так что встречаются такие ее варианты: Мушенбрек, Мюсхенбрук, Мюссенбрук. Сейчас принято писать Мушенбрук.

Вот как описывает историю создания лейденской банки Марио Льюши в своей «Истории физики»: «В 1745 году немецкий каноник (член церковного совета. — Б. Б.) Эвальд Юрген фон Клейст и независимо от него профессор Лейденского университета Питер Мушенбрук опустили в горлышко наполненной жидкостью стеклянной банки металлический стержень и прикоснулись этим стержнем к проводнику действующей электростатической машины. При этом и тот и другой удерживали банку ладонью. Притронувшись после этого другой рукой к стержню, они испытывали очень сильный удар, вызвавший онемение руки и плеча. Так фактически был изобретен первый электрический конденсатор. С современной точки зрения жидкость в банке играла роль одной из обкладок конденсатора, ладонь руки была другой обкладкой. Название “Лейденская банка” ввел в употребление аббат Нолле в честь города Лейдена, где, по его мнению, было совершено открытие» [1]. Заметим, что русскоязычная «Википедия» уточняет, что лейденская банка изобретена голландским ученым Питером ван Мушенбруком и его учеником Кюнеусом.

В отношении рассказанного сюжета вполне естественно задать несколько вопросов. Что представляла собой электростатическая машина и почему вдруг Клейст и Мушенбрук независимо друг от друга решили подключить к ней банку с водой? Почему эффект лейденской банки не был обнаружен в опытах с электрической машиной до них? Когда в физике сформировалось современное представление о процессах, протекающих в ходе зарядки и разрядки лейденской банки (иначе говоря, понимание того, что ладонь экспериментатора и вода в банке выполняют роль обкладок конденсатора)?

«Биографии» лейденской банки посвящено несколько специальных историко-научных исследований, в частности российского историка физики Л. Н. Крыжановского [2—4]. Множество интересных деталей удалось отыскать в «Истории физики» Ф. Розенбергера, изданной на немецком языке в конце позапрошлого столетия (русский перевод [5] вышел в свет в 1936 году) и наиболее близкой по времени к интересующим нас событиям. При подготовке этой статьи автор использовал также реферат аспиранта ИПФ РАН А. В. Андрианова по истории и философии науки и техники.

Наше повествование начнем с истории появления «электрической машины» — устройства, позволявшего получать электрический заряд



Питер Мушенбрук



Уильям Гильберт

с помощью трения. Напомним, что собственно электризация трением была впервые всесторонне исследована великим английским естествоиспытателем Уильямом Гильбертом.

Именно он установил, что не только натертый янтарь способен притягивать соломинки, этим свойством обладает целый ряд других веществ, и назвал их «электрическими телами». Гильберт установил, что «электрические тела» притягивают не только соломинки и щепочки, но и все «металлы, дерево, листья, камни, комки земли и даже воду и масло». Благодаря его работам стало известно, что к «электрическим телам», помимо янтаря, относятся алмаз, сапфир, карбункул, опал, аметист, берилл, горный хрусталь, стекло, сланцы, сера, сургуч, каменная соль. Еще Гильберт обнаружил, что влажные тела трудно поддаются электризации трением и что пламя уничтожает свойство притягивать легкие предметы, приобретаемое при трении.

Первые генераторы электричества — электризационные машины

Появление первой электрической машины связано с именами Отто фон Герике и Фрэнсиса Гауксби. Прославившийся своим экспериментом с магдебургскими полушариями, Отто фон Герике в 1672 году описал серию выполненных им электрических опытов. Изготовив из плавной серы шар («размером с голову ребенка»), он продел сквозь него железную ось и, вращая шар, приложил к его поверхности сухую ладонь. В результате шар начинал электризоваться и притягивать к себе листочки бумаги, серебра и т. п.

Опыты Герике вскоре повторил Роберт Бойль. Используя в экспериментах изобретенный им воздушный насос, Бойль продемонстрировал, что электрическое и магнитное притяжение не исчезают даже в вакууме. Это его открытие опровергало популярную в то время теорию о передаче электрического действия через воздух. Бойль же объяснил электрическое действие наличием особого электрического флюида, истекающего из заряженного тела и «зацепляющего» легкие тела. Исследования Роберта Бойля, видного члена Лондонского королевского общества, стимулировали и других членов этого общества изучать элек-

трические явления. Одним из них был Фрэнсис Гауксби. Активно экспериментируя с электрической машиной Герике, он получил искры длиной порядка дюйма (2,5 см). «Новыми и интересными были у Гауксби прежде всего более сильные электрические действия, чем у его предшественников, например длинные ясные искры, значительный шум при истечении электричества» [5].



Электрическая машина О. Герике

Следующим шагом в изучении особенностей электрической машины стали эксперименты английского физика Стефена Грея. Он показал, что по некоторым телам электричество может распространяться (а по некоторым — не может), и фактически ввел в науку понятие о проводниках и изоляторах. (Сами же термины уже после его экспериментов, в 1739 году, ввел английский естествоиспытатель Жан Теофиль Деэзюлье.) Также экспериментально Грей выяснял, какие условия опыта существенны, а какие — несущественны. Он доказал, например, что передача электричества от машины по нитям происходит одинаково как в случае горизонтального, так и в случае вертикального их расположения, что на изолирующие свойства нитей не влияет их цвет, а влияют свойства тех веществ, из которых они изготовлены. В одном из своих высказываний Стефен Грей в некотором смысле предсказал создание лейденской банки. За 10 лет до открытия профессора Мушенбрука он писал: «Вероятно, со временем будет найден способ собирания большого количества электричества и тем самым увеличения силы электрического огня».

К середине XVIII века электрическими явлениями интересовались уже не только представители научного сообщества. Электрические явления демонстрировались на площадях и при королевских дворах. Участие в таких демонстрациях становилось для многих ученых дополнительным заработком, а интерес общества к новому классу физических явлений вовлекал в их исследования все большее число естествоиспытателей. И если в первые десятилетия XVIII столетия основные открытия в области электричества были сделаны англичанами и французами, привлечшими к ним внимание общества, то к 1740 году постановка электрических опытов становится популярной и в Германии.

Пожалуй, первым заинтересовался получением электрических искр и электричества немец Георг Маттиас Бозе, профессор натуральной

философии в Виттенберге. Наверное, именно он модифицировал машину Гауксби, дополнив ее длинным металлическим стержнем. Подвесив стержень на шелковых шнурах и надежно изолировав его, экспериментатор прикасался к нему рукой — в этот момент между ними проскальзывала достаточно сильная искра.

Усовершенствованная электрическая машина позволила Бозе продемонстрировать публике электрические «фокусы». Одним из таких фокусов был «электрический поцелуй», когда кому-либо из аудитории предлагалось поцеловать привлекательную девушку. Она в это время стояла на изолирующей подставке, и ее подключали к спрятанной электрической машине. Поцелуй сопровождался неожиданной (для мужчины) искрой, а иногда и довольно сильным электрическим ударом.



Электрический «фокус»

Эффектными опытами по электризации человека Бозе не ограничился. Всего за год до изобретения лейденской банки он весьма эмоционально описывал извлечение искр из наэлектризованной воды: «В хорошую погоду огонь взрывается с такой силой, что не только вся жидкость, но и стакан и даже его дно сверкает, как вспышка летней молнии; и весь сосуд прыгает как от удара».

В 1744 году была издана книга шотландского монаха Эндрю Гордона, также проводившего опыты по электризации воды. И Гордон, и Бозе в процессе извлечения искр из наэлектризованной воды находились на изолирующих подставках (что следовало из предшествующих опытов по зарядке удлинённых проводников). Собственно говоря, эти подставки как раз и помешали им обнаружить эффект накопления заряда, открытый вскоре Клейстом и Мюшенбруком, в опытах которых экспериментаторы не были изолированы от земли. В целом же именно впечатляющие результаты Гордона и Бозе привели к созданию первого электрического конденсатора.

Опыты фон Клейста

Эвальд Георг (Юрген) фон Клейст, выпускник университета г. Лейдена, был председателем Верховного королевского суда в г. Кеслин. Вдохновленный зрелищными опытами Бозе, он начал проводить самостоятельные эксперименты, применяя для них электрическую машину,

заряд с которой снимал металлическим стержнем. Как и Бозе, фон Клейст использовал получаемые электрические искры для поджигания горючих жидкостей. Важная деталь его опытов: он подсоединял к металлическому стержню разные предметы, одним из которых была металлическая цепочка. Она свисала в сосуд, который он держал в руке. Разные очевидцы этого ключевого опыта описывают его по-разному, а потому нельзя с уверенностью утверждать, присутствовала ли изначально в сосуде вода.



Эвальд фон Клейст

Описывая свои опыты, сам Клейст говорит не только о воде, но и о ртути, и о спирте: «Если вставить в узкогорлую аптечную склянку гвоздь, толстую проволоку и т. п. и наэлектризовать их, то происходят особо сильные эффекты; склянка должна быть достаточно сухой, а также теплой. Если влить в нее немного ртути или винного спирта, то все происходит еще лучше.

Как только убираешь склянку от электрической машины, на склянке появляется огненный пучок, и с этой горящей машинкой я смог сделать при ее свете более 60 шагов в помещении. <...> Если я сильно наэлектризую гвоздь, что видно по находящемуся в склянке свету и исходящим искрам, то я могу уйти с этим в другую комнату и воспламенить винный спирт или скипидар... Если во время электризации прикоснуться к гвоздю пальцем свободной руки или каким-нибудь металлом, то удар настолько силен, что от него сотрясаются рука и плечи...»

Все эти опыты производились 10 или 11 октября 1745 года, и уже 4 ноября Клейст описывает их в письме к одному из членов Берлинской академии наук, а спустя три с лишним недели он сообщает об опыте датскому проповеднику Светлицкому, и тот немедленно передает его письмо местному обществу естествоиспытателей. Оповещает ученый и некоторых своих коллег.

За свои опыты Клейст был удостоен в 1746 году звания члена-корреспондента Берлинской академии наук.

Лейденские опыты

Никто из корреспондентов Клейста не смог повторить его опыт, и только 5 марта 1746 года это наконец удалось сделать Даниэлю Гралаху, но научное сообщество уже знало о похожих экспериментах, выполненных в лейденской лаборатории известного ученого профессора Мушенбрука.

Существуют как минимум два документальных свидетельства о деталях этих опытов, в которых была открыта лейденская банка. Одним таким свидетельством стало сообщение известного французского физика Рене Реомюра (автора одной из температурных шкал), направленное им в январе 1746 года в Парижскую академию наук, членом которой он являлся. Реомюр извещал академиков о полученном от Мушенбрука письме. Другое свидетельство — это письмо с описанием исторических опытов коллеги и друга Мушенбрука Алламана натуралисту А. Трамбле, переславшему его президенту Лондонского королевского общества.

Таким образом, об опытах Мушенбрука были извещены два главных объединения ученых середины XVIII века — Лондонское королевское общество и Парижская академия наук.

Написанное на латыни письмо Мушенбрука Реомюру было переведено на французский членом Парижской академии наук аббатом Жаном Нолле и опубликовано в Трудах Академии за 1746 год. «Хочу сообщить Вам, — писал Мушенбрук, — о новом, но ужасном опыте, который не советую Вам ни в коем случае повторять самому... Я проводил некоторые исследования по силе электричества. Для этой цели я подвесил на двух голубых шелковых шнурах железный ствол, получавший сообщаемое ему электричество от стеклянного шара, который быстро вращали вокруг оси, прижимая к нему руки и тем самым потирая его; с другого конца свисала латунная проволока, конец которой был погружен в круглый стеклянный сосуд, частично заполненный водой, который я держал в правой руке, а другой рукой я попытался извлечь искры из электрического железного ствола; вдруг моя правая рука была поражена с такой силой, что все мое тело содрогнулось, как от удара молнии; сосуд, даже если он сделан из тонкого стекла, обычно не разбивается, а рука несколько не смещается от такого сотрясения; но на руку и все тело это оказывает такое ужасное воздействие, что я даже не могу это выразить: одним словом, я думал, что мне конец».

В этом письме упоминается весьма важная деталь: «Если поставить сосуд на металлическую подставку на деревянном столе, то, касаясь металла только кончиком пальца и извлекая искру другой рукой, испытываешь очень сильный удар». Выражаясь языком современной физики, Мушенбрук обнаружил, что эффективной заменой собственной ладони может служить металлическая подставка. От этого наблюдения недалеко до замены ладони на металлическую обкладку — что, собственно, и было сделано с лейденской банкой вскоре после его опытов.

Мушенбрук пишет, что не подверг бы себя еще раз такому «ужасному опыту» даже за корону Франции, однако известно, что этот опыт он многократно повторял. Некоторые историки полагают, что его рас-

сказ излишне драматизирован и испытанный им электрический удар от разряда лейденской банки был в действительности не таким уж сильным — слабее тех, которым впоследствии подвергали себя любители развлечений (конечно, в случае Мушенбрука нужно учитывать эффект неожиданности). Обратим внимание, что в письме указан цвет шнура, следовательно, вывод Грея о несущественности окраски изолирующих нитей не считался тогда окончательным. Заметим также, что вклад парижского академика Нолле в историю лейденской банки не ограничился скромной ролью переводчика: именно он ввел в научный лексикон термины «лейденский опыт» и «лейденская банка».

Приведем теперь описание лейденского опыта из письма, полученного президентом Лондонского королевского общества от натуралиста Трамбле: «Г-н Алламан наэлектризовал оловянную трубку с помощью стеклянного шара, после этого взял в левую руку стеклянный сосуд, наполненный водой, в которую был погружен конец провода. Другой конец провода касался наэлектризованной трубки. Затем г-н Алламан коснулся пальцем правой руки наэлектризованной трубки, извлек из трубки искру и в этот момент почувствовал сильнейший удар по всему телу. Боль не всегда бывала одинаково сильной, но г-н Алламан говорит, что первый раз он потерял дыхание на несколько мгновений, а затем почувствовал такую сильную боль во всей правой руке, что сразу подумал о плохих последствиях, хотя вскоре все прошло бесследно. Нужно отметить, что в этом опыте г-н Алламан стоял просто на полу, а не на смоляном коврикe. Опыт получался не со всеми сосудами, и хотя г-н Алламан испробовал несколько сосудов, опыт отлично удался ему только с богемским стеклом. Г-н Алламан попробовал взять английское стекло, но это не дало эффекта. Профессор Мушенбрек повторил опыт, держа в руке наполненный водой полый шар с крайне тонкими стенками, и сказал, что испытал ужасную боль. Г-н Мушенбрек говорит, что сосуд не должен быть мокрым снаружи».

Из этого описания видно, что в первых опытах ключевым фактором казалось качество стекла (подходило богемское и не годилось английское), что впоследствии не подтвердилось. При этом необходимость поддерживать сосуд сухим отмечена совершенно правильно: в противном случае обкладки замкнутся накоротко и конденсатор невозможно будет зарядить.

Кое-что о Мушенбруке и его переводчике

Питер ван Мушенбрук получил степень доктора медицины в Лейденском университете, учился у Ньютона в Лондоне и в дальнейшем

активно популяризировал его идеи и его научный метод (в частности, знаменитый тезис Ньютона «гипотез не измышляю»). В 1719 году Мушенбрук стал профессором философии и математики в Дуйсбургском университете и приобрел широкую известность яркими демонстрационными экспериментами, которыми сопровождал свои лекции. С 1723 года он — профессор Утрехтского, а с января 1740 года — Лейденского университета. Мушенбрук неоднократно получал приглашения на работу в Данию, Англию, Пруссию... В 1744 году он получает аналогичное предложение и из России, однако остается верен своей alma mater. «Курс физики», автором которого был Мушенбрук, неоднократно издавался в переводах на разные европейские языки. Заметим, что в этом курсе экспериментальной физики упоминаются среди прочих и опыты М. В. Ломоносова с электрическими искрами.

Добавим к сказанному, что профессор Мушенбрук был совладельцем основанной его отцом фирмы по изготовлению научных приборов и в этом качестве — поставщиком научного оборудования для физического кабинета Петербургской кунсткамеры. Согласно списку инструментов, которые Петр I желал видеть в кунсткамере, у Мушенбрука предписывалось приобрести «машины и инструменты, к физике экспериментальной принадлежащие».

Теперь о Нолле. Его вклад в историю лейденской банки был связан не только с филологией. Именно Нолле организовывал любопытное зрелище: в парижском картезианском монастыре он выстраивал цепь

из держащихся за руки монахов и пропускал через нее разряд от лейденской банки, что приводило монахов в «содрогание». Он был первым, кто с помощью такого разряда убил несколько птичек и планировал изучать воздействие электричества на растения и животных. Нолле предполагал, что электричество будет способствовать росту растений и может быть использовано для лечения животных и людей. Ф. Розенбергер в связи с этим упоминает об удачном излечении в 1748 году с помощью «электрических сотрясений» паралича руки, вызванного ударом молотка. Нолле был также первым физиком, заметившим более быстрое стекание электричества с острых тел.



Исследование действия электрических зарядов

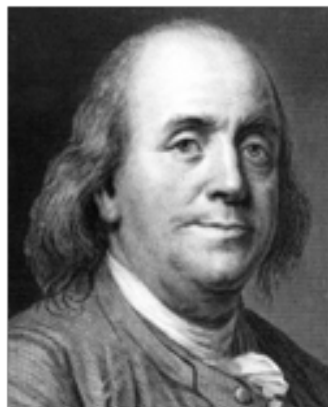
Лейденская банка достаточно быстро стала совершенствоваться: обычно используемые в опытах медицинские склянки были заменены сосудами большего размера, гвозди (стержни) — железной проволокой с шариком на конце... Несколько лейденских банок стали соединять параллельно. Такое соединение банок Бенджамин Франклин назвал, по аналогии с батареей артиллерийских орудий, батареей. Опыты, подобные проводившимся Нолле, осуществлялись не только с чисто зрелищными целями, но и с научными.



Распространенный образец лейденской банки

Так, член Лондонского королевского общества Уильям Уатсон, составив цепь из батареи лейденских банок, отрезков проволоки и людей, попытался измерить скорость распространения электричества. Его опыты, разумеется, ни к чему не привели, так как люди, стоявшие на расстоянии мили от банки, испытали электрический удар в то же самое мгновение, в которое увидели искру. Впрочем, именно в ходе этих экспериментов Уатсон обнаружил, что при увеличении точек соприкосновения с наружной поверхностью банки сила электрического удара возрастает. Он же первым заменил наполняющую банку жидкость внутренней обкладкой. В итоге уже в 1746 году лейденская банка обрела обкладки из металлической фольги с внутренней и наружной сторон. Примерно в это же время Бенджамин Вильсон установил, что электричества накапливается в банке тем больше, чем больше поверхность обкладок и тоньше стекло.

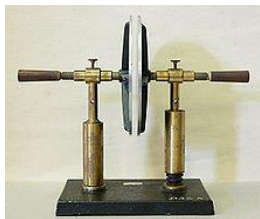
Понимание же происходящего при зарядке электрического конденсатора формировалось достаточно долго. Бенджамин Франклин, выдающийся американский физик и политический деятель, сконструировал лейденскую банку, которую можно было разобрать на составные части — две обкладки и разделяющий их слой стекла. Такую банку он зарядил при высоком напряжении и, разобрав ее, показал, что заряд концентрируется на стекле. Это, оказавшееся ошибочным представление о том, что заряд в банке сосредоточен в разделяющем обкладки диэлектрике,



Бенджамин Франклин

продержалось долго, по крайней мере до первого десятилетия XIX века.

На самом деле в конденсаторе заряд сосредоточен на внутренних поверхностях обкладок. В случае же опытов Франклина заряд переходил на поверхность стекла в результате коронного разряда (обусловленного высоким напряжением) при разборке банки. (При этом на стекле обычно присутствовали мельчайшие капельки воды — они-то и обеспечивали необходимый электрический контакт.)



Плоский электрический конденсатор

С момента изобретения лейденской банки прошло без малого 180 лет, когда (в 1922 году) удалось показать, что если вместо стекла в ее разборной конструкции использовать парафин (поверхность которого не смачивается водой), то заряд остается на металлических обкладках и не переходит на парафин. Заметим также, что уже после изобретения плоского конденсатора было показано, что накапливать электрический заряд можно и в случае разделения пластин просто слоем воздуха, а не стекла.

Поскольку опыты с лейденской банкой оказались в центре общественного внимания того времени, их пытались использовать для объяснения самых неожиданно и непонятно почему происходящих природных явлений. Ф. Розенбергер пишет: «...Электричество приводилось в связь со всевозможными проблемами и считалось причиной самых разнообразных явлений». Так, в 1750 году в Лондоне был издан трактат «Философия землетрясений, природная и религиозная», автор которого описывал землетрясения как «электрические удары». Другой ученый примерно тогда же объяснял землетрясения тем, что полости внутри Земли наполнены водой и действуют как лейденские банки.

Наиболее естественным выглядело, казалось бы, сравнение разряда лейденской банки с молнией. Мушенбрук его делает (напомним, в письме Реомюру), но в целом считает, что различий между разрядом банки и молнией больше, чем сходства. Во-первых, указывает лейденский профессор, молнии возникают в воздухе, электрическая же искра может появиться и в вакууме (вспомним опыты Роберта Бойля). Во-вторых, замечает Мушенбрук, молния плавит металл, а электрический разряд не в состоянии расплавить даже тонкий металлический лист. И наконец, молнии сопровождаются треском, а электрические разряды — далеко не всегда.

Эти отличия, которые Мушенбрук считал принципиальными, оказались чисто количественными. Ведь, например, достаточно сильный

электрический разряд может расплавить металлический лист. Впрочем, в итоге Мушенбрук все же признал сходство между молнией и разрядом лейденской банки. Причиной тому стали известные опыты Франклина, с помощью воздушного змея успешно извлекавшего в 1752 году искры из атмосферы. Сыграло свою роль и быстрое признание изобретенного Франклином громоотвода (сейчас называемого молниеотводом).

Описывая «электрическое потрясение», вызываемое лейденской банкой, Мушенбрук сравнил его с ударом ската, живущего в Средиземном море. При этом он отметил, что эффект не наблюдается, если прикоснуться к скату палочкой из сургуча. Чтобы почувствовать удар, нужно заменить ее металлическим прутом. Ученый совершенно справедливо предполагает электрическую природу такого удара. Собственно говоря, именно эти его замечания сформировали представление об «электрической рыбе». Оставался, однако, непроясненным вопрос о тождественности или о различиях между «природным» электричеством ската и изучаемым в опытах с лейденскими банками электричеством «искусственным». Окончательное понимание этого вопроса было достигнуто фактически только с появлением электронной теории. (Заметим, moreover, что еще в 1832 году Майкл Фарадей посвящает специальное исследование выяснению вопроса возможной одинаковости разных видов электричества, и в том числе «животного», то есть электричества скатов и угрей. И делает вывод: «Отдельные виды электричества тождественны по своей природе, каков бы ни был их источник».)

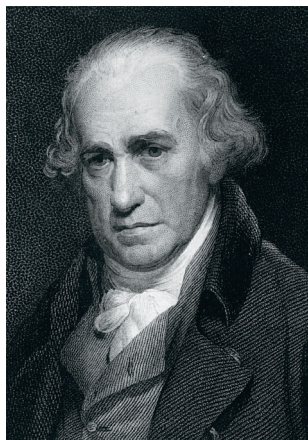
Литература

1. *Льовши М.* История физики / пер. с итал. — М. : Мир, 1970.
2. *Крыжановский Л. Н.* История изобретения лейденской банки — первого электрического конденсатора // Вопросы истории естествознания и техники. — 1991. — № 4.
3. *Крыжановский Л. Н.* Как выпускают джина из бутылки: мысли по поводу истории изобретения конденсатора // Вопросы истории естествознания и техники. — 1992. — № 1.
4. *Крыжановский Л. Н.* Питер ван Мюссенбрук // Успехи физических наук. — 1991. — Т. 161, № 3.
5. *Розенбергер Ф.* История физики. — М. ; Л., 1936.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 2 за 2013 год.*

ДЖЕЙМС УАТТ

Джеймс Уатт (1736—1819) — знаменитый английский изобретатель; паровая машина его конструкции стала важнейшим фактором



Джеймс Уатт

промышленной революции XIX столетия. С современной точки зрения Уатта правильнее было бы назвать не инженером, а выдающимся ученым в области технической физики. Современники Уатта вполне отчетливо осознавали его масштаб, и не случайно Франсуа Араго включил подробный биографический очерк об Уатте в свою широко известную книгу «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» — вместе с очерками, посвященными Юнгу, Френелю, Амперу, Гей-Люссаку и Вольте. Современник Уатта знаменитый английский химик и президент Лондонского королевского общества сэр Хэмфри Дэви писал: «Гений Уатта, раскрывающийся в его удивительных изобретениях, доказал практическую пользу наук, увеличил власть человека над вещественным миром, умножил и распространил удобства жизни больше, чем все ученые новейшего времени».

Жизнь и карьера

Джеймс Уатт родился в шотландском городке Гриноке, расположенном недалеко от Глазго. Заметим, что среди британских ученых XVII—XIX веков уроженцев Шотландии было немало: химик Джон Дальтон, физики Уильям Томсон (лорд Кельвин) и Джемс Клерк Максвелл, биолог Роберт Броун, геолог Чарльз Лайель... Историки науки объясняют этот феномен определяющими для научного климата в Шотландии традициями шотландской школы философии здравого смысла (common sense philosophy). Ее представители провозглашали реализм, противопоставляя его философии субъективного идеализма. Для философов этой школы характерно высказывание типа «материальный мир существует независимо от моего сознания». Небезынтересно, что шотландских математиков отличал геометрический (более наглядный по сравнению с алгебраическим) подход к математике — подход, ориентированный на математический стиль Ньютона, характерный для его знаменитого трактата «Математические начала натуральной философии».

Отец Уатта был владельцем судоремонтной мастерской и членом городского совета Гринока. Из-за плохого здоровья Джеймс начал посещать школу довольно поздно и начальное образование получал дома. Чтению его учила мать, а письму и счету — отец. Отец подарил Джеймсу несколько разных инструментов. Используя их, мальчик сначала мастерил детские игрушки, а затем сконструировал настоящую электрическую машину, с помощью которой можно было наблюдать электрические искровые разряды.

В Шотландии того времени существовало правило, согласно которому профессиональную деятельность отца должен был продолжить один из его сыновей. Младший брат Джеймса Джон Уатт взял эту обязанность на себя, и благодаря этому Джеймс мог свободно следовать своим желаниям и пристрастиям. В юности его в равной степени привлекала и математика, и практическая работа в мастерской отца; он занимался с равным успехом самыми разными науками. Араго пишет: «Уатт приобрел хорошие сведения в ботанике, минералогии, археологии, поэзии, химии, физике, медицине и хирургии, но не назначал себя ни для одной из этих наук». В течение года Уатт работал под руководством Джона Моргана, специалиста по изготовлению математических и морских инструментов. Пройдя обучение в Лондоне, Уатт достаточно быстро получил специальность слесаря и затем вернулся в Шотландию. Он планировал открыть в Глазго собственную мастерскую, но его намерениям противодействовала корпорация художников и ремесленников. Проблема разрешилась благодаря администрации университета Глазго, предоставившей Уатту помещение и звание университетского инженера.

Когда Джеймсу Уатту исполнился 21 год, он открыл в университете магазин математических инструментов. В магазине продавались компасы, квадранты (приборы для измерения высоты Солнца над горизонтом) и измерительные линейки, сделанные собственноручно владельцем магазина. По словам Араго, магазин Уатта вскоре «начал походить на академию, в которой знаменитости Глазго беседовали о труднейших вопросах искусств, наук и литературы».

В университете Глазго началась дружба и профессиональное сотрудничество Уатта с Джозефом Блэком, химиком и физиком, специалистом в области тепловых явлений. В истории физики Блэк известен, в частности, открытием скрытой теплоты плавления твердых тел. В многочисленных экспериментах Блэка Уатт принимал активное участие, обеспечивая их безукоризненное «техническое сопровождение». Надо полагать, опыт сотрудничества с Блэком помог Уатту в его многолетней работе по усовершенствованию конструкции паровых машин.

Уатту удается реализовывать свои технические идеи в промышленности и получать от их внедрения достаточный доход, а также признание и в научном сообществе, и во властных структурах. В 1785 году Джеймс Уатт был избран членом Лондонского королевского общества. Стоит отметить, что свои изобретения Уатт был склонен описывать не столько в научных статьях, сколько в патентных заявках. Ему был также пожалован титул барона, от которого он отказался, — как пишут некоторые биографы, из-за чрезмерной скромности.

Паровая машина Уатта: история и предыстория

Предыстория паровой машины связана с именем француза Дени Папена. Еще в 1680 году Папен, работавший ассистентом в лаборатории знаменитого Роберта Бойля, представил Лондонскому королевскому обществу свое изобретение, именовавшееся «Устройство для размягчения костей». Сжатый в ограниченном пространстве котла горячий пар эффективно обрабатывал кости, целостность самого котла была при этом под угрозой и, чтобы избежать его разрушения, Папен сконструировал первый в истории техники предохранительный клапан. Спустя десять лет Папен представил новый проект — «пароатмосферного двигателя», в котором пар приводил в движение поршень, с помощью которого, в свою очередь, приводились в движение разные механизмы. В тот момент, когда поршень оказывался в верхней точке, в котел должна была впрыскиваться холодная вода, после чего пар остывал, его давление уменьшалось и поршень опускался вниз. После этого вода вновь нагревалась до состояния кипения, и рабочий цикл двигателя повторялся вновь.

Реально такой двигатель не был построен; однако идеи Папена использовал английский механик Томас Ньюкомен. Паровой двигатель конструкции Ньюкомена был снабжен системой рычагов, с помощью которых в момент приближения поршня к верхней точке включалась подача холодной воды, поступавшей в часть котла, находившуюся над поршнем. В итоге пар охлаждался не так быстро, как в модели Папена, а потому долговечность и надежность двигателя Ньюкомена была относительно высокой. В 1705 году Ньюкомен получил патент на свой двигатель, и он использовался для откачки воды из шахт.

Следующую модернизацию двигателя предлагает снова Дени Папен. В 1707 году он публикует книгу под названием «Новое искусство эффективно поднимать воду на высоту при помощи огня». В ней описывается модернизированный двигатель, в котором котел и цилиндр с поршнем существуют отдельно, и их соединяет паропроводная трубка.

Университет Глазго располагал небольшой моделью паровой машины конструкции Ньюкомена; она работала крайне плохо, и в 1764 году Уатту поручили починить ее. В результате он занялся ее усовершенствованием. Новизна конструкции, предложенной Уаттом, была связана с появлением в паровой машине специального устройства — конденсатора; в нем, а не в цилиндре охлаждался и конденсировался теперь водяной пар. Именно на конденсатор Уатт получает британский национальный патент № 013. Благодаря новому элементу паровой машины ее цилиндр не охлаждался в процессе работы, а следовательно, энергия пара не расходовалась на нагревание стенок цилиндра. В цилиндр более не нужно было подавать холодную воду, во время рабочего цикла двигателя он оставался равномерно прогретым, благодаря чему удалось ликвидировать частые заклинивания поршня, вызванные деформациями из-за неравномерного распределения температуры. Постоянство скорости обеспечивалось с помощью специального регулятора: при увеличении скорости этот регулятор открывал клапан, выпускавший избыток пара.

В двигателе конструкции Уатта потери пара в процессе работы были намного меньше, чем в предыдущих конструкциях. Однако Уатт не мог найти компаньона с капиталом, достаточным для воплощения его идей «в железе». Из-за этого он решает сменить характер деятельности и в течение нескольких лет работает инспектором каналов, составляя планы каналов, разрабатывая конструкции мостов и проводя исследования почв.

Технологический бизнес Джеймса Уатта

В 1774 году произошло важное для Уатта событие — его познакомили с бирмингемским промышленником Мэтью Боултоном, убежденным сторонником интеграции науки и промышленности. Первый совместный проект Уатта и Боултона носил исключительно юридический характер: необходимо было добиться, чтобы парламент продлил срок действия патента, полученного Уаттом в 1769 году. Проект оказался удачным, действие патента удалось пролонгировать, что обеспечило успешное сотрудничество бизнесмена Боултона и механика Уатта.

Свои выдающиеся менеджерские способности Боултон использовал не только для развития бизнеса. Так, в 1776 году, следуя британским традициям гражданского общества, он основывает Лун-



Мэтью Боултон



Заседание Лунного общества

ное общество. Столь экзотическое название объясняется тем, что собрания общества, объединившего интересовавшихся наукой, техникой и искусством жителей Бирмингема, проходили исключительно в полнолуние. Членами общества, помимо самого Боултона и Уатта, были в том числе биолог Эразм Дарвин — дед Чарльза Дарвина и известный химик Джозеф Пристли.

Как пишет Араго, «каждое заседание Лунного общества возбуждало в Уатте его несравненный гений». Так, после одного из заседаний Уатт изобрел пресс для копирования писем.

Партнерство Боултона и Уатта продолжалось около двадцати пяти лет (срок, на который был продлен патент Уатта) и оказалось весьма успешным. В этот период появились принципиально новые конструкции паровых машин. Исключительно важным стало изобретение Уаттом кривошипно-шатунного механизма, с помощью которого поступательное движение поршня преобразовывалось во вращательное. В конце XVIII века в Англии были изобретены быстродействующие ткацкие и прядильные станки, приводить их в действие необходимо было с помощью вращательного движения. Вся эта техника нуждалась в надежных и мощных двигателях, для которых требовалось именно быстрое вращение.

Отметим, что через 20 лет после знакомства, в 1794 году, Боултон и Уатт создали компанию «Boulton & Watt» с исключительными правами на производство паровых двигателей. В итоге к 1824 году эта компания изготовила 1164 паровых двигателя общей мощностью около 26 000 лошадиных сил.

Достаточно быстро паровой двигатель конструкции Уатта нашел применение за пределами ткацкой промышленности — в транспорте. Уже в 1805 году был создан колесный пароход, причем в пароходах первоначально использовались самые тихходные (не более 50 оборотов в минуту) паровые машины. Прошло еще четверть столетия, и с 1830-х годов стали получать все более широкое распространение быстроходные сухопутные локомотивы на рельсовом ходу; в России они получили название паровозов.

Роль паровой машины Уатта в промышленной революции позапрошлого столетия, вошедшего в историю как «век пара и электричества», была исключительно велика, и Карл Маркс в своем знаменитом «Капитале» писал:

«...Великий гений Уатта обнаруживается в том, что в патенте, который он получил... его паровая машина представлена не как изобретение лишь для особых целей, но как универсальный двигатель крупной промышленности».

Интересно, что именно появление парового двигателя стало стимулом для формирования термодинамики — нового направления физических исследований. Основополагающей для новой науки стала вышедшая в свет в 1824 году книга французского физика Сади Карно «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу».

Паровая машина Уатта в России

Весьма поучительна история распространения паровой машины Уатта в России. Особого упоминания здесь заслуживает Лев Сабакин, впервые посетивший Англию в 1784—1786 годах по инициативе российской императрицы Екатерины II. Сабакину удалось подробно познакомиться с устройством машины Уатта, поскольку на фабрике Боултона и Уатта его принимали по специальной рекомендации российского посла в Англии. По возвращении в Россию Сабакин назначается тверским губернским механиком, а в 1788 году в Москве выходит в свет его брошюра «Лекция об огненных машинах». Как считают Д. А. Гузевич и И. Д. Гузевич — историки науки из Парижского центра истории науки им. Александра Койре, в брошюре Сабакина было впервые в открытой печати представлено описание парового двигателя Уатта.

Итак, информация о машине Уатта доступна в России, причем действие его британского патента на территорию Российской империи не распространяется... Однако, судя по всему, на информацию Сабакина просто не обратили должного внимания, и проходит еще примерно десятилетие, прежде чем паровую машину конструкции Уатта начинают активно использовать. Анализируя историю распространения парового двигателя в России, французские историки науки отмечают: «Информация в Англии добывается и в Россию переносится быстро. Но все попытки ее адаптации и внедрения кончаются полным провалом...»

Аналогичной была ситуация с распространением паровой машины Уатта в Испании. Как и Россию XVIII столетия, французские историки науки относят Испанию к «периферийным» цивилизациям, политика которых «диктовалась сходными императивами модернизации и догоняющего развития».

В итоге паровые машины конструкции Джеймса Уатта начинают сооружать в Российской империи уже непосредственно на рубеже

XVIII—XIX веков. Происходит это главным образом благодаря усилиям иностранных специалистов — переехавших в нашу страну шотландских механиков Чарльза Гаскойна (Charles Gascoigne) и Чарльза Берда (Charles Baird). Так, паровую машину Уатта, изготовленную Гаскойном, в 1797—1799 годах установили на Петербургском монетном дворе.

Чем еще, кроме изобретения паровой машины, известен Джеймс Уатт? Ему принадлежит идея измерять механическую работу в «лошадиных силах». Эта единица работы была весьма популярна в течение долгого времени, но в 1948 году Генеральной конференцией мер и весов в международной системе единиц (СИ) была введена новая единица энергии — джоуль. Имя Джеймса Уатта было в итоге использовано в названии единицы мощности системы СИ — ватт. В ряде биографий Уатта отмечается, что именно он, а не Генри Кавендиш и Анри Лавуазье является автором предположения, что вода состоит из водорода и кислорода. Именно Уатт после своей поездки в Париж внедрил в Англии изобретенное французом Бертолле отбеливание тканей с помощью хлора.

После смерти Уатта в его честь в Англии было установлено пять памятников. В частности, в Вестминстерском аббатстве была установлена колоссальная мраморная статуя Уатта, впоследствии перенесенная в собор Святого Павла. Надпись на ее подножии заканчивается словами: «...Джеймсу Уатту, который силой самобытного гения, рано обращенного к научным исследованиям, усовершенствовал паровую машину, расширил средства своего отечества, увеличил человеческие силы и занял высокое место между знаменитейшими учеными и благодетелями мира».

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 6 за 2011 год.*

ТОМАС ЮНГ

Изучая физику, мы встречаем имя Юнга по крайней мере два раза: в «опыте Юнга», демонстрирующем интерференцию двух световых волн, и в «модуле Юнга», характеризующем упругие свойства вещества при деформациях растяжения и сжатия. Между тем Томас Юнг был известен не только как физик: будучи практикующим врачом, он, в частности, объяснил механизм фокусировки света человеческим глазом, сформулировал ключевые идеи теории цветного зрения; он внес существенный вклад в расшифровку египетских иероглифов. Широта его научных интересов поражала современников и тем более поразительна для нас.



Томас Юнг

Подробной биографии Юнга на русском языке не существует. Есть, однако, достаточно детальный биографический очерк его современника Франсуа Араго (одна из глав его книги «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров»), а также очерки историков науки Е. М. Кляуса в сборнике «Поиски и открытия» и С. Р. Филоновича и Г. М. Голина в хрестоматии «Классики физической науки». На английском языке сравнительно недавно опубликована биография Юнга (автор Эндрю Робинсон) с символичным названием «Последний человек, который знал все». (В Интернете доступна статья Робинсона о Юнге из журнала «Physics World»¹.) Имеется подробная статья о Юнге и в англоязычной Википедии.

Начало жизненного пути

Томас Юнг родился 13 июня 1773 года в Мильвертоне в семье квакеров². Вскоре после рождения его отправили жить к пожилым родственникам. Возможно, по этой причине в автобиографическом очерке, написанном в конце жизни, он заметил: «Если речь идет о моих чувствах и уме, то он, можно сказать, родился старым и умер молодым».

¹ *Robinson, Andrew.* Thomas Young: physicist, physician and polymath // *Physics World.* — 2006. — March.

² Квакеры — члены протестантской общины.

Все биографы Юнга отмечают, что уже в двухлетнем возрасте он научился читать и его первой книгой была Библия, а в пять лет, как вспоминает дед Юнга, Томас выучил наизусть поэму знаменитого английского писателя Оливера Голдсмита (1728—1774). Вполне возможно, что дед был к этому причастен: профессиональный коммерсант, он увлекался на досуге чтением (в подлиннике читая, например, греческих авторов). Немаловажно и то, что для квакеров было характерно убеждение: все люди рождаются с одинаковыми способностями. Именно оно определило жизненный девиз Юнга, которому он неукоснительно следовал: «сделанное одним человеком, безусловно, может быть сделано и другим».

В период учебы Томас Юнг был первым учеником. Программа пансиона, в котором он обучался с 9 до 14 лет, предполагала главным образом изучение древних языков — греческого и латыни, в небольшом объеме изучались математика и бухгалтерия. В пансионе у него был хороший тьютор — младший учитель Джозеф Джеффри. Он подарил Томасу книгу лекций по физике, научил его работать на токарном станке, шлифовать стекла, и когда Юнг увлекся ботаникой, то смог самостоятельно изготовить микроскоп. Вспоминая впоследствии школьные годы, он писал: «У меня было правило вставать летом на час раньше моих товарищей, а зимой ложиться часом позже них, чтобы углубить пройденное за день; таким образом, мои школьные дела были вскоре завершены».

Лингвистическая ориентация учебного заведения вполне соответствовала интересам и талантам Томаса. К 14 годам он достигает совершенства в греческом языке и латыни и самостоятельно изучает французский, итальянский, древнееврейский, сирийский, арабский и турецкий языки. В этом возрасте Юнг покидает пансион: его пригласили в качестве компаньона к внуку обеспеченного джентльмена для совместных занятий с домашним учителем. В среде состоятельных и образованных англичан такой формат домашнего обучения детей был весьма распространен. Внука звали Хадсон Генри, а его (и Томаса) учителя — Джон Годкин.

Судя по дальнейшим биографиям и учеников, и учителя, выбор деда Хадсона был исключительно удачным. Все трое стали известными учеными. Хадсона Генри, как и Томаса Юнга, приняли в члены Лондонского королевского общества (и он много сделал для популяризации научного наследия Юнга), а Джон Годкин приобрел известность как филолог. В 1807 году вышла в свет его совместная с Юнгом книга «Греческая каллиграфия».

Сферы деятельности

Вскоре перед Юнгом встала проблема выбора профессии. Ричард Броклесби, его дядя по материнской линии и известный в Лондоне врач, гордился успехами племянника и знакомил его со своими пациентами, среди которых было немало ученых, литераторов, влиятельных деятелей администрации и представителей деловых кругов. Способности молодого человека были замечены, перед ним открывалась заманчивая возможность карьеры чиновника. Однако он выбрал другой путь, решив посвятить себя медицине. Ф. Араго (его будущий коллега) написал об этом решении весьма эмоционально: «Юнг, понимавший свои силы, чувствовал в себе зародыш великих открытий, прославивших его имя, он выбрал путь труда, независимости и не прельстился золотыми цепями. Честь ему! Пусть его пример послужит уроком для молодых людей, которых покровители отрывают от истинного их призвания и превращают в бюрократов».

Томас начинает изучать медицину в 1792 году — сперва в Лондоне, затем в Эдинбурге и уже потом в Геттингене, где получает в 1795 году докторскую степень (по физике). Изучая медицину, он уделяет немало времени занятиям наукой, и в 1794 году 21-летнего Т. Юнга за его исследования природы зрения принимают в Лондонское королевское общество.

В 1797 году умирает Ричард Броклесби, Юнг наследует его состояние и становится финансово независимым. От медицинской карьеры, однако, не отказывается и в 1799 году открывает частную практику в Лондоне. Вскоре у него в дополнение к врачеванию появилась еще одна обязанность: его назначают профессором натуральной философии в недавно открытом Королевском институте. За два года Юнг прочитал 91 лекцию и в итоге от должности профессора отказался, считая, что она мешает ему реализоваться в качестве практикующего врача. Однако работать над текстом лекций он продолжает, и в 1807 году они выходят в свет отдельным изданием под заголовком «Лекции по натуральной философии и механическим искусствам».

В 1814 году он принимает активное участие в работе специального комитета по рассмотрению опасностей, связанных с установкой в Лондоне газового освещения, а с 1815 года возобновляет сотрудничество с энциклопедией «Британника». Тематическое разнообразие статей, написанных им для «Британники» (иногда в соавторстве), наглядно свидетельствует о необычайном разнообразии его научных интересов. Вот только некоторые из названий: «Алфавит», «Мосты», «Капиллярное действие», «Цвет», «Двойное лучепреломление», «Египет», «Иероглифы»,

«Гидравлика», «Языки», «Корабли», «Паровые машины», «Приливы». При этом его тексты не были простой компиляцией из разных источников. Так, в статье «Языки» он представил сравнительный анализ грамматики и словаря 400 различных языков. К тому же с 1815 по 1823 год Юнг опубликовал более 60 статей для ежегодных приложений к энциклопедии, свыше двух третей из них представляли собой биографии. Как правило, статьи в «Британнике» Юнг своим именем не подписывал. Отчасти это было связано с его боязнью испортить свою врачебную репутацию. (Наличие у врачей столь широких интересов, как правило, пациентами не приветствовалось.)

В начале XIX столетия Юнг как лингвист оказался в центре событий, связанных с попытками перевести надпись на привезенном из Египта так называемом розеттском камне, названном по месту находки — г. Розетта. Исчерпывающие исследования по расшифровке египетских иероглифов были выполнены французским филологом Ж. Ф. Шампольоном; но и вклад в эту работу Юнга признается исключительно важным.

Исследования зрения

Одно из первых прославивших Юнга открытий было связано с оптикой — наиболее близкой к медицине областью физики. Он исследовал механизм фокусировки света в глазу человека. Этот вопрос обсуждали еще Кеплер и Декарт, считавшие, что сам глаз как целое может растягиваться и сжиматься. Рассматривалась и другая гипотеза, согласно которой хрусталик мог приближаться к сетчатке и удаляться от нее. И еще одна: при фокусировке изменяется кривизна роговой оболочки глаза. Юнг же считал, что кривизна в процессе фокусировки меняется только у хрусталика (что в конечном счете оказалось правильным). Свою точку зрения Юнг изложил в двух записках, представленных в 1794 году на рассмотрение Лондонского королевского общества. Ему удалось показать, что хрусталик по своему строению приспособлен к изменениям формы. Однако два известных члена Королевского общества, Гом (анатом) и Рамсен (оптик), выступили против утверждения Юнга, настаивая на том, что форма хрусталика остается неизменной. По мнению Франсуа Араго, именно авторитет Гома и Рамсена в научном мире заставил коллег принять их точку зрения, а «сам Юнг... не колеблясь, публично отказался от собственной теории. Такое осознание своих утверждений, столь необыкновенное для ученого, явившего сообществу ученых первый научный труд, доказывает беспримерную его скромность». (Возможно, впрочем, что именно скромность Юнга и помогла ему получить

рекомендации 15 членов Лондонского королевского общества и стать членом самой престижной в Англии научной организации. Это произошло 19 июля того же года.)

Исследовать вопрос о механизме фокусировки света глазом Юнг, однако, не прекратил и через несколько лет представил Королевскому обществу убедительные доказательства своей правоты. В серии микроскопических наблюдений он показал, что кривизна роговицы остается неизменной, и пришел к правильному выводу, что в процессе фокусировки происходит изменение кривизны хрусталика. А в 1801 году Юнг впервые описал дефект зрения, известный теперь как астигматизм — искажение изображения, его размытость (он обнаружил его у самого себя).

Самым важным вкладом Т. Юнга в теорию зрения стала высказанная им гипотеза о природе цветного зрения, сформулированная в лекции «О теории света и цветов» (ее текст опубликован в 1802 году). Согласно этой гипотезе, в сетчатке глаза имеются три разного вида рецептора, реагирующих на три цвета: голубой, зеленый и красный. Свет с промежуточным значением длины волны возбуждает эти рецепторы в разной степени. Такой механизм и формирует цветовые ощущения. Идеи Юнга были развиты позднее до уровня полноценной научной теории немецким физиком, биофизиком и физиологом Г. Л. Ф. Гельмгольцем.

Развитие волновой теории света

В работе «Опыты и проблемы по звуку и свету» (1800 год) Томас Юнг впервые высказывается в пользу волновой теории света (и, соответственно, против освященной именем Исаака Ньютона корпускулярной теории). Используя метод аналогий, Юнг анализирует наложение волн на воде и акустических волн, показывая, что может наблюдаться как усиление, так и ослабление звука. В следующем году он пишет об «интерферирующих» частях света (первое появление термина «интерференция») и об условии идентичности световых волн (интерферируют «две части одного и того же света»). В статье 1804 года Юнг описывает уже дифракцию от тонкой полоски и объясняет, используя понятие интерференции, появление на экране светлых и темных полос. В этой работе он отмечает существование светлой полосы в центре геометрической тени — эффект, переоткрытие которого С. Д. Пуассоном и Д. Ф. Ж. Араго спустя два десятилетия было воспринято как триумф волновой теории света. В той же работе излагается в окончательном виде теория цветов тонких пластинок, объясняется появление темного пятна в центре колец Ньютона и показывается, как нужно изменить

условия опыта, чтобы в центре колец можно было наблюдать светлое пятно. Весьма важно, что Юнгу удается продемонстрировать интерференцию ультрафиолетового излучения. Автор «Истории физики» П. С. Кудрявцев по этому поводу пишет: «Юнг проецировал систему ньютонových колец (возникающую при интерференции «частей ультрафиолетового света». — Б. Б.) на бумагу, пропитанную раствором ляписа (нитратом серебра. — Б. Б.), и обнаружил три отчетливых темных кольца».

Знаменитый опыт с интерференцией света, исходящего от двух освещенных одним источником света щелей, был представлен Юнгом при выступлении в Лондонском королевском обществе 24 ноября 1803 года (в 1804 году была опубликована соответствующая статья). В описании этого опыта он, в частности, указал условия образования максимумов и минимумов — светлых и темных полос интерференционной картины, объяснив их появление.

Вскоре в оптике было сделано открытие, которое с точки зрения волновой теории света объяснить не удавалось. Молодой военный инженер Этьен Малюс в 1808 году открыл поляризацию света, наблюдая его отражение от стекла и воды. Юнгу пришлось признать, что «в ее теперешнем виде волновая теория недостаточна для объяснения всех явлений света», но, извещая Малюса о присуждении ему за открытие поляризации света медали Румфорда — высшей награды Лондонского королевского общества, он писал: «Ваши опыты доказывают недостаточность моей теории, но не доказывают, что она ложная».

Как известно, волновая концепция света стала полноценной научной теорией благодаря работам выдающегося французского физика Огюстена Жана Френеля. Он создал полную математическую теорию дифракции, выполнил серию высокоточных экспериментов и, в частности, установил (совместно с Араго) законы интерференции поляризованных лучей. Знакомясь с работами Френеля и пытаясь объяснить явление поляризации света, Юнг высказывает исключительно важную гипотезу. Он считает, что объяснить поляризацию можно, лишь допустив, что световые колебания происходят перпендикулярно распространению волны, то есть что световые волны — это поперечные, а не продольные волны. К такой же идее приходит и Френель, но ни ему, ни Юнгу она не кажется привлекательной. Ведь в то время волновая теория света предполагала существование



Огюстен Жан Френель

как среды его распространения эфира, который был, как считалось, сильно разреженной жидкостью, и представить себе распространение в жидкой среде поперечной волны, возникающей в результате сдвиговых деформаций, оказалось непросто.

Полагая гипотезу о поперечности световых волн противоречащей основам механики, Френель формулирует ее только в 1821 году, замечая при этом, что Юнг, «будучи смелее в своих предположениях и меньше доверяя взглядам математиков», опубликовал свою точку зрения раньше, и подчеркивая, что именно Юнгу «принадлежит приоритет и в отношении этой теоретической идеи, как и в отношении многих других».

Основное научное наследие Юнга содержится, безусловно, в его «Лекциях по натуральной философии». Именно в них он впервые употребляет термин «энергия» в его современном смысле — как характеристику способности тела совершать работу: рассматривая задачу о столкновении тел, вводит понятие об энергии движущегося тела как о произведении массы тела на квадрат его скорости (коэффициент $1/2$ был введен позже). Там же вводится понятие модуля упругости (получившего название модуля Юнга), характеризующего упругие свойства тела при деформациях растяжения и сжатия. Изучая деформации, Юнг не ограничивается феноменологическим описанием явлений, а пытается оценить радиус действия межмолекулярных сил взаимодействия и приводит оценки размера молекул за полстолетия до того, как это сделал Уильям Томсон (лорд Кельвин). В современных единицах диапазон размеров молекул воды, определенный Юнгом, составляет 0,05—0,25 нм, что хорошо соответствует современным измерениям (0,2—0,3 нм).

Знаменитый английский физик Джон Уильям Рэлей, первый британский лауреат Нобелевской премии по физике, выступая в 1899 году (по случаю столетия Королевского института), уделил «Лекциям» Томаса Юнга особое внимание. Он назвал их выдающейся книгой, которая не была известна современникам автора «так широко, как должна была быть», и сказал: «По разным причинам Юнгу не посчастливилось встретить должного признания со стороны своих современников. Научные позиции, уже завоеванные им, не раз потом приходилось завоевывать его преемникам вновь, причем с большой затратой интеллектуальной энергии».

Одной из основных причин этого была, судя по всему, неясность языка его научных статей. Можно предположить, что она была



Джон Уильям Рэлей

обусловлена отношением Юнга к изучаемым им проблемам как к чрезвычайно сложным. Именно так, к примеру, он относился к медицинским вопросам. «Нет науки сложнее и запутаннее медицины, — говорил Юнг. — Она выходит из границ человеческого разумения. Медики, все объясняющие, не понимая того, что видят, столько же успевают, сколько физики-философы, которые подводят явление под общие законы на основании неверных наблюдений». Именно этим объясняет его неуспех как практикующего врача Араго: «Юнг всегда был робок при постелях больных. Худые следствия от самых обдуманных лекарств смущали его; соображения удач и неудач приводили в нерешительность и побуждали в публике недоверие к его осторожности и благоразумию».

В 1818 году Юнг практически закончил свою медицинскую практику. Назначенный секретарем Бюро долгот и редактором «Мореходного календаря», он активно включился в новую работу. В силу ряда не зависящих от него обстоятельств выполнение обязанностей секретаря бюро подвергалось неоправданным нападкам. В итоге волнений, связанных с этим, он заболел и в последние годы жизни вернулся к той области деятельности, которая увлекала его еще в детстве, — к любимой им лингвистике. Последней его работой была корректура написанного им Египетского словаря. Он занимался ее чтением в апреле 1829 года, а 10 мая Юнг умер.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 6 за 2013 год.*

КРИСТИАН ДОПЛЕР

Биография

Семье, в которой 29 ноября 1803 года родился Кристиан Доплер, с 1674 года принадлежал фамильный бизнес в Зальцбурге. Его будущее было, казалось бы, predetermined... Однако из-за своего очень слабого здоровья Доплеру — к счастью для мировой науки — не пришлось продолжать дело своих родителей. Начальную школу он посещал в родном Зальцбурге, а среднюю — в Линце. Родители Доплера были не вполне уверены в его академических способностях и проконсультировались по этому поводу с профессором математики лицея в Зальцбурге; следуя его рекомендациям, Доплер начал в 1822 году изучать математику в Политехническом институте в Вене. Проведя в Вене три года, он возвращается в Зальцбург, где продолжает учебу, зарабатывая на жизнь репетиторством по математике и физике. Из Зальцбурга Доплер вновь уезжает в Вену; в Венском университете он прослушал курсы лекций по высшей математике, механике и астрономии...



Кристиан Доплер

Поиски постоянного места преподавателя Доплер начал в 30-летнем возрасте. Согласно существовавшим в тогдашней Австрии правилам, все вакантные профессорские должности замешались в рамках публичного конкурса. Претенденты проходили письменное тестирование, которое могло занимать по времени до 12 часов. В рамках конкурсных испытаний претенденты должны были также прочитать перед членами специальной комиссии короткую публичную лекцию. Ответы на тесты и оценка лекции направлялись в то учебное заведение, в котором появлялась вакансия. Окончательное решение оставалось при этом за комиссией в Вене. Важно подчеркнуть, что при принятии окончательного решения особое значение придавалось продемонстрированным претендентами преподавательским способностям. Свидетельства же их высокой квалификации в иной сфере деятельности не имели существенного значения и в некоторых случаях могли даже снизить шансы претендента. Доплер участвовал в нескольких конкурсах на вакантные места в учебных заведениях Линца, Зальцбурга, Любляны, а также на место профессора высшей математики Венской политехнической школы.



Высшая химико-технологическая школа в Праге

Не имея постоянного источника дохода, Доплер вынужден был зарабатывать деньги любым способом; ему даже пришлось 18 месяцев работать на хлопковой фабрике. Именно в этот период он решает эмигрировать в Америку. К счастью, когда он уже был близок к окончательному решению покинуть Европу, появилось привлекательное предложение из политехнической школы в Праге. Речь шла о вакансии

преподавателя арифметики, алгебры, теоретической геометрии вычислений. Предложение поступило в марте 1835 года — через два года после того, как он подал заявление на объявленный в связи с вакансией конкурс.

С одной стороны, Доплер был рад возможности работать в условиях постоянного контракта, с другой — вполне обоснованно полагал, что его квалификация позволяет претендовать на нечто большее, нежели преподавание элементарной математики. Он предпринимает попытки перейти на должность профессора высшей математики в Пражском политехе. В результате в 1836—1837 годах он получает приглашение на работу в Политех в качестве преподавателя по высшей математике на условиях почасовой оплаты и в объеме четырех часов в неделю. Поэтому, когда в конце 1837 года в Политехе появляется вакансия профессора по курсу элементарной математики и практической геометрии, у Доплера появился реальный шанс ее занять. Его, однако, задевает сам факт объявления конкурса, несмотря на то что сам он, фактически исполняя обязанности профессора, имел право документы в конкурсную комиссию не подавать. В марте 1841 года Доплера утвердили в должности профессора Пражского политеха.

Биографы отмечают, что ответственное отношение Доплера к своим обязанностям вызвало сильный стресс, связанный в первую очередь с экзаменами. Так, в январе и феврале 1843 года профессор Доплер за 17 дней принял письменные и устные экзамены по арифметике и по алгебре у 256 человек. Во время сессии экзамены отнимали у него каждый день как минимум шесть часов. Столько же студентов нужно было проэкзаменовать за 12 дней в июне и июле того же года. Дополнительно к этому в июле и августе необходимо было за 8 дней проэкзаменовать 145 студентов по геодезии.

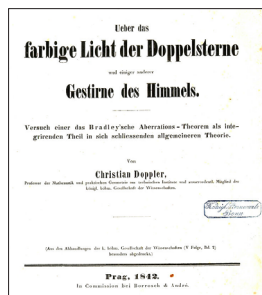
Ситуация усугублялась конфликтом со студентами, не славшими Доплера экзамен: они обвинили его в чрезмерной строгости. В итоге администрация Политеха объявила Доплеру выговор, а студентам разрешили пересдачу. Доплер опротестовал это решение и добился отмены выговора. Непростые отношения с администрацией Политеха заставляют Доплера вновь искать работу, на этот раз за пределами Праги. Он решает принять поступившее ему предложение занять должность профессора математики, физики и механики в Академии шахт и лесов в Банской Славянице. Однако из-за революции 1848 года политическая ситуация там резко ухудшилась, и от этого предложения Доплер с большим сожалением отказался. Впрочем, теперь он был уже известен в научном сообществе, и его новая работа оказалась его достойна: 17 января 1850 года Доплера назначают директором только что построенного Физического института Венского университета. Эта должность стала высшей точкой его академической карьеры.

Слабое здоровье, однако, вновь напомнило о себе. Доплер недолго пробыл в новой должности и уже в ноябре 1852 года покинул Вену и уехал в Венецию в надежде на морской климат. Жена Доплера, поддерживавшая его всю их совместную жизнь, осталась в Вене с детьми (у Доплеров было три сына и две дочери). Никакого улучшения, однако, не последовало, и уже к марту 1853 года Доплер сильно ослабел. Жена приехала в Венецию и была рядом с Доплером, когда он умер. Это случилось 17 марта 1853 года, Доплеру было чуть меньше 50 лет.

Самая известная работа Доплера

Прославившая Доплера статья «О цветном свете двойных звезд и некоторых других звезд на небесах» была представлена им 25 мая 1842 года на заседании Королевского общества Богемии. В сохранившемся в архиве отчете о заседании явление, о котором рассказывал Доплер, названо «удивительным». Именно в этой статье Доплер впервые изложил принцип, названный впоследствии его именем.

Согласно принципу Доплера, интервал времени между испусканием двух последовательных (световых или звуковых) импульсов отличается от того интервала между импульсами, который воспринимает наблюдатель. Иначе говоря, наблюдатель регистрирует частоту колебаний, которая отличается от частоты коле-



Титульный лист статьи «О цветном свете двойных звезд и некоторых других звезд на небесах»

баний, возбуждаемых источником света или звука. Для звука сдвиг по частоте определяется скоростями источника и наблюдателя, для света — их относительной скоростью. Если источник и наблюдатель движутся навстречу друг другу, регистрируемая частота будет возрастать. Если удаляются — убывать. Хотя сформулированный им принцип Доплера обосновывал, исходя из аналогии с акустикой, применил он его к объяснению в первую очередь астрономических явлений. В частности, объяснял с его помощью периодическое изменение окраски двойных звезд. Доплер считал, что в действительности все звезды белые, а окраска их является кажущейся и связана исключительно с их движением.



Бернард Больцано

Единственным представителем научного сообщества, публично отреагировавшим на работу Доплера, был математик Больцано. Он, в частности, писал в ведущем физическом журнале того времени «Annalen der Physik»: «Я ожидаю с уверенностью, что на основании данных об изменении цвета небесных тел этой теорией будут пользоваться для разрешения вопросов о том, движутся ли эти последние, куда и с какой скоростью, какие расстояния отделяют их от нас и друг от друга...»

Значение идей Доплера, высказанных им в статье 1842 года, его коллеги, судя по всему, оценили по достоинству. Это наглядно иллюстрируют результаты голосования при избрании Доплера в члены Королевского общества Богемии. При первой попытке вступить в это общество Доплер не набирает достаточного числа голосов; впрочем, в июне 1840 года семью голосами против пяти его избирают ассоциированным членом общества. На выборах, состоявшихся 5 ноября 1843 года (то есть после выхода в свет статьи), он был избран уже действительным членом общества, и с иным результатом голосования: 9 голосами против одного. А спустя четыре года его избирают заместителем секретаря Королевского общества Богемии. Доплер был также избран действительным членом Императорской академии наук в Вене и удостоен звания почетного доктора Пражского университета.

В своей статье 1842 года Доплер не сомневается в будущей востребованности установленного им принципа: «Следует признать с определенностью, что в не очень далеком будущем этот принцип предоставит астрономам возможность определять движения и расстояния до таких звезд, в отношении которых, из-за их гигантского удаления от нас и вытекающей отсюда малости параллактических углов, такие измерения в

настоящее время невозможны». Действительно, зафиксировать крайне малое изменение спектров космических объектов с помощью тех приборов, которые в то время были доступны астрономам, было невозможно...

К счастью, справедливость принципа Доплера могла быть проверена для звуковых волн. Соответствующий эксперимент был выполнен 3 июня 1845 года под руководством Христофора Бейс-Баллота. Вот как его описывает в своей замечательной книге «Сентиментальная история науки» Николя Витковски: «Линия, соединяющая Утрехт с Маарсеном, перекрыта в научных целях по приказу министра внутренних дел, трое музыкантов, расположившись в открытом вагоне, настраивают свои корнет-а-пистоны, и несколько групп наблюдателей, обладающих абсолютным слухом и снабженных карандашом и блокнотом, распределены вдоль путей через четко определенные интервалы. Как только поезд разовьет свою максимальную скорость в 70 км/ч, музыканты заиграют в унисон и что есть мочи, чтобы перекрыть шум локомотива, ноту ля, а наблюдатели вдоль путей будут стараться оценить в половинах и четвертях тона ее искажение, возникающее из-за движения поезда... Бейс-Баллот собрал не менее четырнадцати человек и поделил их на четыре группы: три — вдоль путей на расстоянии 400 метров одна от другой, а четвертая — в самом вагоне. ...Эксперимент будет повторен еще раз через два дня с немного измененными правилами (на всякий случай), с другой скоростью поезда и другими музыкальными инструментами (трубами)...»



Христофор Хенрик
Дидерик Бейс-Баллот

Подтвердив в столь зрелищных экспериментах принцип Доплера для звуковых волн, Бейс-Баллот в то же время подверг критике предложенный Доплером подход к объяснению окраски двойных звезд. Рассуждая аналогичным образом, Бейс-Баллот пришел к выводу, что цвет быстро движущейся звезды может настолько сильно сместиться в сторону красной или фиолетовой границы видимого спектра, что в итоге звезда окажется невидимой. Это возражение выявляет слабую сторону рассуждений Доплера, связывавшего цвет звезды исключительно со скоростью ее движения. На самом же деле цвет звезды определяется ее температурой, и, разумеется, представлен не монохроматическим излучением, соответствующим определенной длине волны, но целым набором спектральных линий. В то же время некоторые типы двойных звезд действительно распознаются только при помощи принципа Доплера.

Принцип Доплера и астрофизика

Возможности, открывавшиеся перед физикой благодаря принципу Доплера, в полной мере сознавал французский физик Ипполит Физо. Он был первым, заметившим (в 1848 году), что в спектрах космических объектов в случае относительного перемещения источника света



Арман Ипполит
Луи Физо

и наблюдателя вдоль луча зрения должно наблюдаться смещение линий. В том же году Физо рассчитал величину такого смещения для спектра Венеры. В итоге принцип Доплера нередко стали называть принципом Доплера — Физо. Однако использовать идеи Физо в астрофизике начали только спустя 20 лет; это стало возможным благодаря развитию методов спектрального анализа. При этом, чтобы определить скорость движения космического объекта по смещению спектральных линий, необходимо было знать точное численное значение скорости света. В большой степени именно интерес к

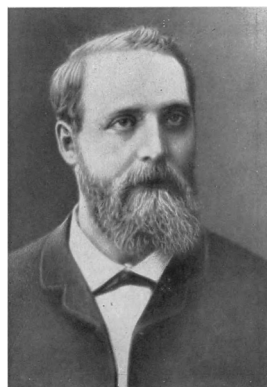
принципу Доплера стимулировал Физо поставить прославившие его опыты, в которых впервые в земных условиях была с высокой точностью определена скорость света.

Только в 1867 году удалось определить смещение одной из линий водородного спектра Сириуса, а также линии азота в спектре туманности из созвездия Ориона. Судя по всему, зафиксированные смещения были обусловлены доплеровским эффектом. Не все физики, однако, были с этим согласны, в связи с чем вновь возник вопрос о проверке принципа Доплера для случая световых волн. Чтобы осуществить такую проверку, физики нуждались в источниках света, скорость перемещения которых была бы точно известна. Таким источником света оказалось Солнце. Скорость точек Солнца, находящихся на концах солнечного экватора, удалось измерить исходя из наблюдаемого движения солнечных пятен. Одновременно ее же определили, основываясь на принципе Доплера и используя информацию о величине смещения линий в спектре Солнца. Совпадение двух скоростей было установлено в 1871 году немецким астрономом Фогелем.

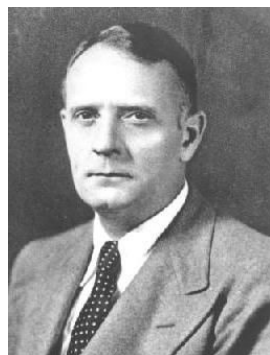
Завершение экспериментальной проверки принципа Доплера для случая световых волн связано с именами российских ученых Аристарха Белопольского и Бориса Голицына. Так, А. А. Белопольский впервые

подтвердил в земном эксперименте справедливость принципа Доплера для источников света, движущихся с космическими скоростями. Проблема состояла в том, что для проверки нужно было использовать достаточно быстрый искусственный источник света. Сконструированная и построенная Белопольским установка имитировала движение такого источника. В этой установке реальный источник света помещался между двумя параллельными зеркалами; из-за многократного отражения в зеркалах изображение источника оказывалось в «зазеркалье». В сравнении с реальным расстоянием источника от того или иного зеркала его изображение оказывалось удаленным на огромное расстояние. При приведении зеркал в движение длина волны от отраженного в зеркале источника изменялась по сравнению с длиной волны от неподвижного источника света. С помощью своей установки А. А. Белопольский в 1900 году зафиксировал изменение спектров при движении источника со скоростью порядка 1,3 км/с и тем самым доказал применимость принципа Доплера для случая космических скоростей источника. Спустя семь лет в аналогичных опытах Б. Б. Голицын и И. Вилип повторили результат Белопольского, проведя измерения с более высокой точностью.

Как известно, именно на принципе Доплера основывался американский астроном Эдвин Хаббл, когда формулировал свой знаменитый закон, установивший прямую пропорциональную зависимость между скоростью взаимного удаления галактик и расстоянием между ними. Как обнаружил Хаббл в своих наблюдениях, смещение спектров галактик было тем больше, чем дальше находились эти галактики. И именно закон Хаббла стал одним из первых свидетельств в пользу теории расширяющейся Вселенной.



Аристарх Аполлонович
Белопольский



Эдвин Пауэлл Хаббл

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 11 за 2013 год.*

ВИЛЬГЕЛЬМ ВЕБЕР

Страницы биографии

Вильгельм Вебер родился 24 октября 1804 года в семье профессора теологии Виттенбергского университета Микаэля Вебера.



Вильгельм Вебер

До зрелого возраста дожили пятеро из 12 детей: четыре брата и сестра. Старший брат стал министром, остальные трое — университетскими профессорами. Эрнст Генрих Вебер, который был старше Вильгельма почти на десять лет, был анатомом и физиологом, профессором Лейпцигского университета. Младший брат Эдуард был в том же университете профессором анатомии. А сам Вильгельм Вебер, наиболее известный из всех братьев, был профессором физики в Лейпциге и Геттингене.

В 1814 году семья переезжает в Галле, Микаэл Вебер становится профессором теологии местного университета. В этот университет в 1822 году поступает Вильгельм и, еще будучи студентом, выполняет (совместно с братом Эрнстом) свою первую полноценную научную работу. Результаты работы были представлены в опубликованном в 1825 году трактате братьев Веберов «Учение о волнах, основанное на эксперименте», в котором рассказывалось об экспериментальных исследованиях волн на воде и звуковых волн. В 1826 году Вебер оканчивает университет, его выпускная диссертация была посвящена теории органичных труб. В 1828 году начинает работать в alma mater — сначала в должности лектора, а затем в должности ассистента профессора. Уже в первые два года работы в университете Вильгельм Вебер публикует четыре статьи в одном из ведущих физических журналов того времени «Annalen der Physik und Chemie». А в сентябре 1828 года вместе с братом Эрнстом Генрихом Вебером принимает участие в седьмой конференции Общества немецких естествоиспытателей и врачей, организованной выдающимся естествоиспытателем Александром Гумбольдтом. Сделанный им доклад о теории органичных труб привлекает внимание двух выдающихся современников Вебера — Александра Гумбольдта и Карла Фридриха Гаусса. Их интерес к Веберу связан прежде всего с разворачивающимися работами по изучению земного магнетизма.

В апреле 1831 года в Геттингенском университете появляется вакансия профессора физики, и по инициативе Гаусса должность предлагают Вильгельму Веберу. Он принимает предложение, переезжает

в Геттинген, и начинаются шесть лет плодотворного сотрудничества и близкой дружбы Вебера и Гаусса. В конце 1832 года Гаусс завершает магнитные измерения совместно с Вебером. Результаты этой работы были изложены в трактате «Интенсивность магнитной силы, выраженной в абсолютной мере». В трактате, оказавшем огромное влияние на развитие физики, Гаусс описывает основные идеи рациональной системы единиц; в соответствии с ней все измеряемые физические единицы следует разделить на основные и производные. Основными единицами для Гаусса являются механические — миллиметр, миллиграмм и секунда. Соответственно единица магнетизма в

такой системе определяется в соответствии с законом Кулона для взаимодействия «магнитных масс» в пустоте, а единица электричества — в соответствии с законом Кулона для взаимодействия «электрических масс». Использование такой системы единиц означает, что измерения интенсивности магнитного поля сводятся в конечном счете к измерению длины, времени и массы. Тем самым эти измерения становятся воспроизводимыми и сравнимыми, благодаря чему исчезает необходимость в специальной калибровке инструментов в каждом отдельном случае.

В Геттингене Гаусс и Вебер основывают Геттингенское магнитное общество; эта организация становится основным координатором в масштабной программе измерений магнитного поля Земли. В рамках программы — ее с полным основанием можно считать первым международным научным проектом — в специально сооружаемых магнитных обсерваториях в разных районах земного шара проводятся измерения параметров магнитного поля Земли. Эти измерения позволяют уточнить разработанную Гауссом теорию земного магнетизма. Заметим, что в 1831 году в Арктику отправляется экспедиция под руководством британского военного моряка, опытного мореплавателя Джеймса Кларка Росса. Одной из целей этой экспедиции было установление точных координат северного магнитного полюса Земли, при этом маршрут прокладывался в соответствии с расчетами, сделанными Гауссом. Установить точные географические координаты полюса удалось 1 июня 1831 года.



Титульный лист трактата Гаусса и Вебера

А в 1833 году под руководством Гаусса и Вебера в Геттингене сооружается одна из первых в мире линий электрического телеграфа. Длиной в 9000 футов, эта линия соединяла физическую лабораторию Геттингенского университета и астрономическую обсерваторию.

В 1837 году, после того как королевой Англии стала Виктория, к власти в Ганновере пришел ее дядя Эрнст Август, отменивший либеральную конституцию 1833 года. Семь профессоров Геттингенского университета подписали письмо протеста против отмены конституции, после чего указом короля были уволены со своих постов. Одним из членов «геттингенской семерки» был профессор Вильгельм Вебер, а среди подписавших были знаменитые братья Grimm — профессора Якоб Grimm и Вильгельм Grimm. Гражданское мужество «геттингенской семерки» вызвало повсеместные симпатии. После увольнения Вебер остается в Геттингене, продолжает работу в магнитном обществе, и вскоре Гаусс и Гумбольдт предпринимают попытки добиться его восстановления в должности. Король, однако, настаивает на публичном отказе Вебера от своего поступка, что ученому представляется неприемлемым...

После нескольких лет работы в Геттингене без постоянной университетской должности Вебера в 1843 году утверждают профессором физики в университете Лейпцига (напомним, что там работали его братья Эрнст Генрих и Эдуард). До Вебера эту должность занимал его близкий друг Густав Фехнер. Проводя многочисленные психофизиологические эксперименты, в процессе которых совместно с Эрнстом Вебером был установлен первый закон экспериментальной психофизиологии — закон Вебера — Фехнера, Фехнер повредил зрение, вынужден был уйти в отставку и переключиться на занятия философией и психологией. Фехнер и Вебер разрабатывали атомистическую теорию электричества. Согласно их взглядам, электричество являлось не непрерывной, а дискретной субстанцией, состоящей из элементарных «электрических масс». С именами Фехнера и Вебера связана предыстория теории электронов.

В Лейпциге Вебер впервые формулирует идею закона взаимодействия «электрических масс», который, по его мнению, должен прийти на смену закону Кулона. Согласно этому закону сила взаимодействия «электрических масс» зависит не только от расстояния между ними, но и от их относительной скорости и относительного ускорения. Прославивший его имя закон силы Вебер публикует в 1846 году в первом томе своих трудов, издававшихся под общим названием «Электродинамические мероопределения».

В 1849 году политическая ситуация меняется и Вебер получает возможность вернуться в Геттингенский университет. С этого времени

начинается его чрезвычайно плодотворное сотрудничество с физиком Рудольфом Кольраушем. Главным итогом этого сотрудничества стал знаменитый эксперимент Вебера — Кольрауша по измерению отношения единиц электрического заряда в двух разных системах единиц заряда. Это отношение по порядку величины совпало со скоростью света в вакууме, что стало первым свидетельством близости электромагнетизма и оптики.

Важное место в научной биографии Вебера занимает его дискуссия с известным немецким физиком Германом Гельмгольцем, одним из авторов закона сохранения энергии. Дискуссия проходила в 70-е годы XIX столетия и затронула весьма важные физические проблемы. Небезынтересно, что одним из ее последствий стало официальное утверждение наименования единицы силы тока. В 1881 году на Электротехническом конгрессе в Париже руководитель немецкой делегации Гельмгольц предложил назвать единицу силы тока в честь французского физика Андре Мари Ампера. Предложение было достаточно неожиданным, поскольку в то время де факто многие физики связывали название единицы силы тока исключительно с именем Вебера. Однако авторитет Гельмгольца был весьма высоким, и в итоге его предложение было принято. Предложение Гельмгольца было принято еще и из-за падения авторитета Вебера в научном сообществе. Это произошло из-за активного участия Вебера в сеансах известного американского медиума Генри Слэйда. Организатором сеансов был астрофизик из Лейпцига и друг Вебера Карл Цольнер. Историческая справедливость в признании заслуг Вебера была восстановлена только в 1935 году, когда было принято решение назвать в его честь единицу магнитного потока.



Герман Гельмгольц

Заметим, что острота дискуссии Гельмгольца с Вебером ощущалась и после ее формального окончания в 1881 году. Так, в 1887 году Геттингенское философское общество присудило молодому Макс Планку за доклад о принципе сохранения энергии вторую премию вместо первой из-за содержащейся в нем критики в адрес Вебера.

Вильгельм Вебер ушел из жизни в 1891 в возрасте 86 лет. Согласно воспоминаниям, он был скромным и дружелюбным человеком, любил ездить верхом и пешие походы. У него никогда не было семьи, и хозяйство в его доме вела сначала его сестра, а позднее — его племянница.

Научные достижения Вебера

Закон силы. Согласно закону Вебера сила взаимодействия движущихся электрических зарядов описывается (в современной записи) формулой

$$F = \frac{q_1 q_2 \hat{r}}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(1 - \frac{\dot{r}^2}{2c^2} + \frac{r\ddot{r}}{c^2} \right).$$

Здесь q_1 и q_2 — «электрические массы», r — расстояние между ними, c — скорость света. В действительности в законе Вебера отсутствовали множитель $4\pi\epsilon_0$ и скорость света, вместо нее фигурировала константа c_w , которая и была фактически измерена в эксперименте Вебера — Кольрауша (оказавшись в $\sqrt{2}$ раз больше скорости света в вакууме). Основываясь на модели электрического тока как совокупности противоположно направленных потоков положительной и отрицательной электрической жидкости, Вебер сводит закон Ампера взаимодействия токов к «более элементарному» закону взаимодействия «электрических масс». По словам немецкого историка физики Ф. Розенбергера, современники восприняли этот закон как «революционный акт первостепенной важности», поскольку зависимость силы от скоростей и ускорений означала определенное отклонение от классической — механической картины мира, признающей зависимость сил только от расстояния между взаимодействующими объектами (по аналогии с ньютоновским законом тяготения). Нетрудно видеть, что при $\dot{r} = \text{const}$ третье слагаемое в скобках исчезает, а при $\dot{r} = c_w = c\sqrt{2}$ сила взаимодействия оказывается равной нулю. Первоначально Вебер и Кольрауш, не подозревая о реальном численном значении константы c_w , рассчитывали определить ее в непосредственном эксперименте с движущимися электрическими зарядами. Предполагалось увеличивать относительную скорость зарядов до тех пор, пока сила их взаимодействия не обратится в нуль.

В последние десятилетия XIX века к закону силы Вебера обратились специалисты по небесной механике. Одной из ее проблем было необъяснимое смещение перигелия Меркурия: расчеты, сделанные на основе закона всемирного тяготения, расходились с данными астрономических наблюдений. Некоторые астрономы предположили, что закон всемирного тяготения Ньютона должен быть модифицирован по образу и подобию закона Вебера. Но проблема была разрешена только в общей теории относительности Альберта Эйнштейна.

Физические измерения. С именем Вебера связана разработка принципиально нового подхода к количественному физическому эксперименту. Как отмечает российский историк физики С. Р. Филонович,

«суть новаторства состояла в разработке типовых измерительных приборов, выработке единой системы измерений и процедуры обработки результатов. В целом этот подход можно было бы назвать “универсализацией измерений”». Так, в контексте проводимой совместно с Гауссом работы по измерению земного магнитного поля Вебер, в частности, писал: «Наше убеждение состоит в том, что традиционный способ работы в физике устарел и требует реформы, а также в том, что наш способ трактовки магнитной проблемы является первой ласточкой. Он идет против многочисленных глубоко укоренившихся привычек и заставляет многих мечтать о том, чтобы ничего подобного вовсе не возникало. Но если он будет доведен до конца, то вскоре разовьется и далее и окажет плодотворное воздействие на все области наук». Можно сказать, что в деятельности Вебера отчетливо проявлялось изменение общей методологической ориентации ученых, постепенно переходивших к таким исследованиям, в которых теоретические гипотезы проверялись экспериментом. Немецкая физика в начале XIX века была ориентирована на эмпирический, по преимуществу качественный, а не количественный эксперимент. Примером могут служить работы открывшего термоэлектричество Томаса Зеебека. Началом отказа от такого подхода стали исследования Георга Ома, которые, кстати, Вебер оценивал очень высоко.

Важным результатом проведения международных геомагнитных измерений Гауссом и Вебером стало осознание физиками потребности в типовых приборах, позволяющих проводить измерения в разных лабораториях, но с одинаковой высокой точностью. Историки науки установили, что при геомагнитных измерениях в Бонне, Дублине, Казани, Милане, Гринвиче и других городах использовались приборы, изготовленные одним и тем же геттингенским мастером. Уже к концу XIX столетия в некоторых странах возникли крупные фирмы, специализировавшиеся на выпуске научных инструментов.

Один из первых в истории физики измерителей тока — разработанный Вебером тангенс-гальванометр — представляет собой круглую рамку с обмоткой из одного или нескольких витков. В центре рамки на оси размещена магнитная стрелка, ее ориентация определяется при помощи горизонтального круга с делениями. Если по обмотке протекает ток, то в ее центре создается магнитное поле, зависимость которого от силы тока легко рассчитать. Равновесие стрелки будет при этом определяться равенством моментов сил, действующих на стрелку со стороны магнитного поля тока и магнитного поля Земли (имеется в виду ее горизонтальная составляющая). Определяя угол поворота стрелки и зная магнитное поле Земли в данной точке, можно рассчитать магнитное

поле тока и соответственно силу тока, протекающего по обмотке тангенс-гальванометра.

Эксперимент Вебера — Кольрауша. В этом эксперименте определялось отношение магнитной единицы силы тока к механической. Магнитной единицей силы тока Вебер называет силу тока, который, обтекая плоскость единичной площади, действует на расстоянии так же, как магнит, обладающий моментом, равным единице, и ось которого перпендикулярна плоскости тока. Механической единицей Вебер называет силу тока, при которой «через поперечное сечение цепи в единицу времени проходит единица свободного положительного электричества в одном направлении и столько же отрицательного электричества в противоположном». В свою очередь, единица электрического заряда («единица электричества») определяется в соответствии с законом Кулона. Вебер также вводит понятия электролитической единицы силы тока, определяемой в соответствии с законом Фарадея для электролиза, и электродинамической единицы силы тока, определяемой в соответствии с выражением для силы Ампера, устанавливающие взаимодействие двух токовых элементов.

Опыт осуществлялся по следующей схеме. Лейденская банка заряжалась заданным количеством электричества и разряжалась через тангенс-гальванометр в течение конкретного промежутка времени. По углу отклонения магнитной стрелки гальванометра можно было найти силу тока в магнитных единицах, а разделив заряд банки на время, можно было определить ту же силу в механических единицах. Проведя несколько серий измерений, Вебер и Кольрауш установили, что механическая единица силы тока относится к магнитной как $155370 \cdot 10^6 : 1$. Это число было примерно в два раза меньше скорости света в вакууме. Таким образом, численное значение некоторой величины из области электромагнетизма оказалось одного порядка со скоростью света, относящейся к оптике — совершенно другому разделу физики.

Эксперимент позволил определить константу c_w , оказавшуюся примерно в $\sqrt{2}$ раз больше скорости света. Через несколько лет немецкий физик Густав Кирхгоф (и независимо от него Вильгельм Вебер) получил дифференциальные уравнения, описывающие распространение колебаний силы тока вдоль провода — так называемые телеграфные уравнения. Из этих уравнений следовало, что скорость распространения волны тока вдоль провода в $\sqrt{2}$ раз меньше константы c_w и, таким образом, совпадает со скоростью света в вакууме. Эти факты воспринимались как указания на возможную связь оптики и электромагнетизма. Как известно, эта связь была в конечном счете установлена в электро-

магнитной теории света Джеймса Клерка Максвелла. Учитывая принятую Вебером модель тока, можно было сделать вывод, что отношение единиц электрического заряда в двух системах единиц численно равно скорости света в вакууме. На это обстоятельство обращает внимание Максвелл. Имея в виду опыты Вебера — Кольрауша, он пишет: «Единственным применением света в этих опытах было использование его для того, чтобы видеть инструменты. Значение скорости света, найденное Фуко, было получено путем определения угла, на который поворачивается вращающееся зеркало, пока отраженный им свет прошел туда и обратно вдоль измеренного пути. При этом никак не пользовались электричеством и магнетизмом». Далее следует знаменитое высказывание Максвелла: «Совпадение результатов, по-видимому, показывает, что свет и магнетизм являются проявлением свойств одной и той же субстанции и что свет является электромагнитным возмущением, распространяющимся через посредство поля в соответствии с законами электромагнетизма».

Идея предельной скорости и представление об элементарном электрическом заряде

В своей дискуссии Гельмгольц с Вебером анализировали мысленные эксперименты с движущимися «электрическими массами». Первоначально возражения Гельмгольца были связаны с зависимостью силы взаимодействия электрических зарядов в законе Вебера от их относительной скорости. По мнению Гельмгольца, такая зависимость не соответствует закону сохранения энергии. В итоге дискуссии от ограничений, накладывавшихся им на область применимости закона сохранения энергии, Гельмгольц отказался.

В ходе дискуссии, анализируя разнообразные мысленные эксперименты, Вебер выдвигает несколько гипотез. Так, он предполагает существование в природе предельной скорости движения материальных тел, совпадающей, возможно, с константой $c_{\text{в}}$. Он также выдвигает гипотезу, что электрические частицы, движение которых образует электрический ток, имеют определенный и одинаковый заряд и массу (предвосхищение электронной теории). Именно в дискуссии с Гельмгольцем он вводит понятие электрического атома. Впоследствии в работе «Электродинамические мероопределения, особенно о связи основного электрического закона с гравитационным законом» Вебер описывает молекулы вещества как имеющие отрицательный заряд, в постоянном вращении вокруг которого находятся положительные электрические частицы. В металлах эти частицы непрерывно переходят с одной орбиты на другую, а в изо-

ляторах такого перехода не происходит. Вебер использует этот образ в работах по диамагнетизму, связывая это явление с возбуждением индукционных токов. Напомним, что образ молекулярного тока был впервые использован Ампером для объяснения природы магнетизма.

Традиционно работы Вебера связывают с принципом дальнего действия, предполагающим признание мгновенной передачи взаимодействий. В этом смысле электродинамику Вебера противопоставляют теории электромагнитного поля Фарадея — Максвелла, а развитие физики представляют как победу одной теории и поражение другой. На самом деле эволюция физических идей в позапрошлом столетии была не столь однозначной.

Литература

1. Булюбаш Б. В. Электродинамика дальнего действия // Физика XIX—XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах. Физика XIX века. — М. : Наука, 1995. — С. 221—250.

2. Филонович С. Р. Экспериментальная физика // Физика XIX—XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах. Физика XIX века. — М. : Наука, 1995. — С. 73—116.

3. Булюбаш Б. В. На пути к электромагнитной теории света : единство целей или борьба программ? // Вопросы истории естествознания и техники. — 1990. — № 1.

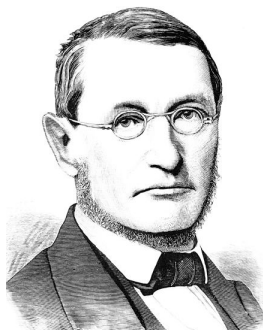
*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 10 за 2014 год.*

ИСТОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА ТЕПЛОТЫ В ОПЫТАХ ДЖЕЙМСА ДЖОУЛЯ

Описание опытов, в ходе которых английский физик Джеймс Прескотт Джоуль измерил механический эквивалент теплоты, можно найти практически в любом учебнике физики для средней школы. С полным на то основанием эти опыты рассматриваются как экспериментальное обоснование закона сохранения энергии, а сам Джоуль — как один из трех авторов этого закона. Два других автора — немецкий врач Роберт Майер и немецкий же физик и естествоиспытатель Герман Гельмгольц — ответственны главным образом за философское (Майер) и математическое (Гельмгольц) обоснование закона сохранения энергии. Следует, впрочем, заметить, что Майер также проводил эксперименты по определению механического эквивалента теплоты и активно отстаивал свой приоритет. После ряда дискуссий в научном сообществе измерения, выполненные Джоулем, были признаны более надежными.



Джеймс Джоуль



Роберт Майер



Герман Гельмгольц

История экспериментов Джоуля по определению механического эквивалента теплоты весьма нетривиальна. Многие ее детали удалось прояснить в начале 90-х годов XX века, когда в рамках специального проекта сотрудники Ольденбургского университета в Германии выполнили реконструкцию используемой Джоулем экспериментальной установки и попытались повторить измерения, которые он описывал в своих статьях. Проблемы, возникшие в ходе этой непростой работы, подробно

изложены Х. Зибумом¹, в статье которого эксперименты Джоуля обсуждаются с учетом социальной истории науки и техники XIX века.

Хронологически историю экспериментов по определению механического эквивалента теплоты следует отсчитывать с доклада, произнесенного Джоулем в августе 1843 года на заседании физико-математической секции Британской ассоциации содействия развитию науки. Доклад назывался «О тепловом эффекте магнитоэлектричества и механическом значении теплоты». В нем Джоуль рассказал о своих исследованиях по образованию теплоты при протекании по проводнику электрического тока; он стремился доказать, что эта теплота не переносится из одной части прибора в другую, а порождается электрическим током. Идею «переноса теплоты» поддерживали сторонники популярной в научном сообществе того времени концепции теплорода. Напомним, что теплород — это особый невесомый флюид, выделение которого в различных процессах (так считали сторонники концепции теплорода) воспринимается как увеличение температуры. Общее количество теплорода в физико-химических процессах в рассматриваемой системе должно оставаться неизменным.

Для своих экспериментов Джоуль сконструировал специальную установку. Наполнив водой стеклянный сосуд, он опустил в него небольшой электромагнит, поместил сосуд между полюсами другого, подключенного к гальваническому элементу мощного электромагнита и заставил электромагнит в сосуде вращаться. Частота такого вращения составляла 600 оборотов в секунду, при-



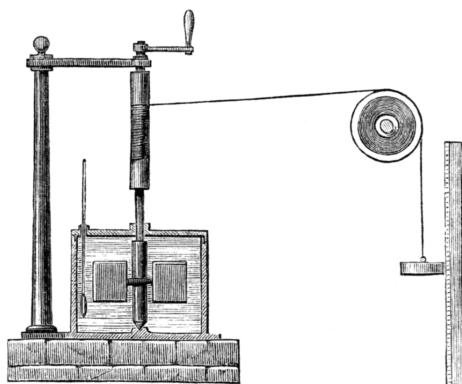
Эмилий Христианович
Ленц

чем одну четверть часа цепь электромагнита была замкнута, а следующую четверть часа — разомкнута. Определяя количество тепла, выделяющегося в случае замкнутой цепи (обусловленное протеканием в этой цепи индукционного тока, а также вращением электромагнита), и количество тепла, выделяющееся в случае разомкнутой цепи (обусловленное только вращением электромагнита), Джоуль находит разность между первой и второй величиной. Очевидно, что эта разность и есть то количество теплоты, которое выделяется при протекании по обмотке

¹ Зибум Х. О. Воспроизведение экспериментов по определению механического эквивалента теплоты: точность инструментов и правильность измерений в ранневикторианской Англии // Вопросы истории естествознания и техники. — 1998. — № 1.

вращающегося электромагнита тока индукционного происхождения. Именно в этих опытах Джоулем установлен закон, именуемый в отечественных учебниках физики «закон Джоуля — Ленца». В соответствии с ним $Q = I^2Rt$, где Q — «джоулево тепло», I — сила протекающего по проводнику тока, R — сопротивление проводника и t — промежуток времени.

Результаты, полученные Джоулем, демонстрировали несостоятельность гипотезы, согласно которой тепло к месту его выделения переносится от источника тока. Действительно, в рассмотренной схеме вращающийся электромагнит электрически с источником тока не связан; протекающий в цепи электромагнита ток имеет индукционное происхождение.



Установка Джоуля для измерения механического эквивалента тепла (1847)

Эта установка была модифицирована Джоулем для определения «механического эквивалента теплоты». Ученый хотел установить величину механической энергии, которую (предполагая ее полное превращение в тепло) необходимо затратить для повышения температуры одного фунта воды на один градус по шкале Фаренгейта. Джоуль был убежден, что такая величина должна иметь вполне определенное численное значение. Это, вообще говоря, означало возможность полного превращения энергии из одной формы (механическая) в другую (тепловая). Вполне естественно, что сам факт существования механического эквивалента теплоты воспринимался как сильный аргумент в поддержку идеи сохранения и превращения энергии.

Чтобы измерить «механический эквивалент теплоты», электромагнит необходимо вращать не рукой, а с помощью подвешенного на нити груза. В этом случае затрачиваемая на опускание груза механическая работа легко рассчитывается; за вычетом потерь на преодоление сил

трения во вращающихся частях установки работа расходуется на вращение электромагнита и, следовательно, полностью превращается в тепло.

Располагая данными об удельной теплоемкости воды, измерив механическую работу, а также определив массу воды взвешиванием и измерив с максимально возможной точностью изменение температуры, можно определить искомую величину. Естественно, Джоуль нуждался в максимально точных значениях всех используемых им величин: массы воды, ее удельной теплоемкости и изменения температуры. Но в разных экспериментах численное значение механического эквивалента теплоты получалось разным, и разброс этих значений был немаленьким: наибольшее из значений превышало наименьшее почти в два раза. Среднее значение — в современных единицах — составило 4,51 Дж/кал. То, что в разных экспериментах численные значения измеряемой величины хотя и отличаются, но все же по порядку величины оказываются близкими, укрепило уверенность Джоуля в существовании механического эквивалента теплоты. Он писал: «Могучие силы природы, созданные велением Творца, неразрушимы, и во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты».

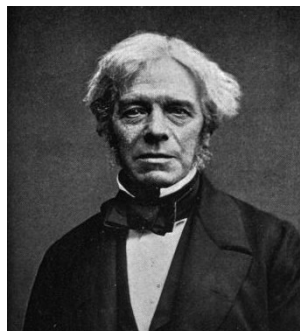
Забегая вперед, отметим, что в начале XX столетия для численного значения механического эквивалента теплоты было принято стандартизированное значение 4,1860. Впоследствии, в связи с отказом от калории как самостоятельной единицы измерения в физике и химии, физики отказались и от понятия «механический эквивалент теплоты». Его сменило понятие удельной теплоемкости воды (ранее ее численное значение принималось за единицу, то есть было равно 1 ккал/кг). В зависимости от температуры удельная теплоемкость воды лежит в интервале между 4,17 и 4,22 кДж/(кг · °С).

Доклад Джоуля в 1843 году не вызвал у участников заседания практически никакого интереса. Но ученый продолжает работать и в 1845 году в журнале «Philosophical Magazine» публикует новую серию своих экспериментов (выполненных на той самой установке, описание которой приведено в школьных учебниках). В том же году он представляет свою статью «О механическом эквиваленте теплоты» на заседании Британской ассоциации содействия развитию науки (на этот раз оно проходит в Кембридже), где и сообщает новые данные о численном значении механического эквивалента теплоты: 4,41 Дж/кал. Проходит еще два года, и Джоуль проводит еще одну серию экспериментов, из которых численное значение механического эквивалента теплоты получается равным уже 4,21 Дж/кал. Он, как и прежде, рассказывает о своих новых опытах на ежегодном собрании Британской

ассоциации содействия развитию науки; на этот раз на его докладе присутствуют Уильям Томсон (лорд Кельвин) и Майкл Фарадей. У. Томсон заинтересовался сообщением Джоуля и встретился с ним для обсуждения деталей эксперимента. В результате два физика даже запланировали совместный опыт, в котором собирались определить изменение температуры воды при ее падении в водопаде...



Уильям Томсон, лорд Кельвин



Майкл Фарадей

И, наконец, в 1850 году Джоуль проводит в общей сложности пять серий опытов по измерению механического эквивалента теплоты. В первой серии медное колесо с черпаками вращается в плотно закрытом медном цилиндре с водой. Во второй и в третьей серии опытов использовался чугунный цилиндр, ртуть была заменена водой, а колесо сделано из кованого железа. При этом экспериментальная установка модифицируется таким образом, чтобы минимизировать перемещение самой жидкости в ходе эксперимента. В четвертой и пятой серии опытов использовался чугунный резервуар, внутри которого была ртуть, но выделение теплоты было связано уже с трением друг о друга двух чугунных дисков. В последних двух сериях численное значение коэффициента получалось несколько больше, нежели в предыдущих (примерно на 0,14 %). По этому поводу Джоуль замечает: «В высшей степени вероятно, что эквивалент, полученный по чугуну, получился несколько выше потому, что при трении отрывались частицы металла и, следовательно, некоторая часть силы шла на преодоление сцепления».

Сравнивая разные серии экспериментов, Джоуль предлагает считать наиболее точным то значение механического эквивалента теплоты, которое было получено в опытах с водой, замечая, что некоторые погрешности оказываются неустранимыми: «...так как даже при опытах с жидкостями невозможно устранить полностью ни сотрясений, ни хотя бы тихих звуков, то приведенное число, вероятно, еще несколько вели-

ко». В целом в экспериментах 1850 года численное значение механического эквивалента теплоты приближается к современному и составляет 4,16 Дж/кал. В своих публикациях Джоуль сообщает, что изменения температуры воды он определяет с беспрецедентной для того времени точностью — 3 мК. Эту информацию коллеги Джоуля подвергали сомнению. Они недооценивали те навыки измерений, которые Джоуль приобрел во время работы на пивоваренном заводе своего отца.

Спустя некоторое время проблема точного измерения механического коэффициента теплоты вновь становится актуальной — нужно было определить единицу электрического сопротивления. Этого требовало активное развитие электротехнической промышленности, а также необходимость стандартизировать электрические измерения после установления в 60-х годах XIX столетия телеграфной связи между Европой и США.

Британская ассоциация содействия развитию науки официально обратилась к Джоулю, попросив его определить механический эквивалент теплоты с помощью измерения теплового действия тока. Что Джоуль и проделал в 1867 году, получив для механического эквивалента теплоты значение 4,21 Дж/кал. Новый результат отличался от предыдущих. Необходимы были новые измерения, и на этот раз методу их проведения обсуждал специально созданный комитет. В состав комитета, помимо самого Джоуля, входили такие известные физики, как Уильям Томсон (лорд Кельвин) и Джеймс Клерк Максвелл. Комитет выделил средства на проведение Джоулем новых экспериментов, из которых значение механического эквивалента теплоты получилось равным 4,16 Дж/кал. В итоге Британская ассоциация пересмотрела предложенный ранее эталон электрического сопротивления. Результаты новых измерений Джоуля были опубликованы в 1878 году. Комментируя их, У. Томсон специально отметил, что они были получены с использованием данных о теплоемкости воды при разных температурах. Этой информацией (как и сведениями о теплоемкости различных металлов и сплавов) Джоуль располагал благодаря прецизионным измерениям французского физика А. В. Реньо. У. Томсон также обратил внимание на то, что численное значение механического эквивалента теплоты зависит от численного значения ускорения свободного падения (поскольку масса воды определялась взвешиванием). Томсон, в частности, пишет: «В Париже тяжесть примерно на 4 % ниже, чем в Манчестере. В силу этого для средней Франции и для юга Германии этот результат Джоуля следует принять равным 423,5 кГм соответственно количеству теплоты, которое может нагреть 1 кг воды от 0 до 1 °С (то есть в современных единицах 4,15 Дж/кал)».

В начале статьи при упоминании трех авторов закона сохранения было отмечено, что Джоуль (экспериментальное подтверждение закона) — английский ученый, а Майер и Гельмгольц (теоретическое обоснование закона) — ученые немецкие. Заметим, что ориентация Джоуля прежде всего на экспериментальное исследование вопроса подчеркивается, например, в авторитетном курсе истории физики Ф. Розенбергера. Розенбергер пишет, что наиболее важным для Джоуля является количественное определение соотношения между теплотой и механической работой и только на втором месте по важности для него находится теория теплоты как движения. И лишь третье место среди его приоритетов занимает общее представление о сохранении энергии: «В этом отношении Джоуль представляет прямую противоположность Майеру». Разница приоритетов у англичанина Джеймса Джоуля и немца Роберта Майера не случайна и иллюстрирует различие в национальных образах научного знания. Так, для английской науки характерна ориентация на экспериментальное исследование проблемы, для немецкой — на ее теоретическое изучение. Безусловно, в настоящее время различие между национальными образами научного знания в значительной степени затушевывается глобальным характером современной цивилизации и обеспечивающими его современными средствами коммуникации. Применительно же к классической науке XVII—XIX веков акцент на ее национальных особенностях вполне оправдан. Впервые этот вопрос был подробно исследован в начале XX века французским методологом науки Пьером Дюгемом, отдельные его аспекты (в частности, отличительные черты английской физики) обсуждал в своих статьях известный российский философ Павел Флоренский. В 90-е годы XX столетия ряд статей и книг посвятил теме национального образа науки российский историк культуры Георгий Гачев.

С точки зрения истории науки представляет немалый интерес вопрос о том, как именно Джоуль осуществлял свои измерения. Профессиональные навыки прецизионных измерений Джоуль приобрел во время работы на большой пивоварне, владельцем которой был его отец Бенджамин Джоуль. При этом Джеймс Джоуль совмещал практическую работу пивовара с научными исследованиями. Такую возможность предоставил ему отец, построивший осенью 1843 года специально для сына частную лабораторию. Возвращаясь к теме национального измерения научного знания, заметим, что в истории британской науки ситуация самофинансирования учеными собственных исследований встречалась весьма часто: статус научных исследований был в обществе весьма высоким, и они воспринимались как сфера деятельности, достойная обеспеченного джентльмена. Так, успехом геологических исследо-

ваний английская наука XIX столетия обязана в основном любителям, проводившим соответствующие изыскания на собственные средства. Что касается физики, то примером ученого-любителя может служить Генри Кавендиш, выполнявший эксперименты в собственном замке и получивший в конце XVIII века исключительно ценные результаты в области электростатики (он, в частности, установил закон взаимодействия электрических зарядов независимо от Шарля Кулона).

В своей статье об экспериментах Джоуля Х. Зибум пишет: «С 1834 по 1854 год Джеймс помогал отцу на пивоварне. Работал часто с девяти до шести, а свои эксперименты проводил до завтрака или вечером. На протяжении двадцати лет основная часть его жизни протекала в этих двух, казалось бы, далеких друг от друга областях»¹. Области, однако, оказались не столь уж далекими друг от друга. В начале XIX столетия пивоварение в Англии приобрело промышленный характер и требовало нового уровня точности измерений, необходимых как для обеспечения должного качества напитка, так и для правильного взимания налогов с производителей пива. Точность требовалась прежде всего при измерении температуры и удельного веса используемых в производстве жидкостей. Должный уровень обеспечивался изготавливавшимися специально для пивоваров новыми высокоточными термометрами, и имевшийся у Джоуля опыт работы с подобными приборами придавал ему уверенность в успехе проводимых им измерений. К тому же опыт пивовара-практика выработал у Джоуля необходимую в физических экспериментах интуицию, без которой его уверенность была бы ни на чем не основана.

Материальные возможности Джоуля позволяли ему заказывать необходимое для экспериментов оборудование у лучших специалистов того времени. Так, все детали установок для определения механического эквивалента теплоты были изготовлены известным мастером из Манчестера Д. Б. Дансером. В частности, показания температуры снимались с помощью сконструированного Дансером «скользящего микроскопа», имевшего точность 1/4000 дюйма. Поскольку диаметр стеклянных трубок для термометров мог в силу неизбежных погрешностей при их изготовлении меняться по длине трубки, «скользящий микроскоп» позволял Джоулю проградуировать свой термометр с учетом изменений диаметра. Полученные при такой градуировке деления термоме-

¹ Зибум Х. О. Воспроизведение экспериментов по определению механического эквивалента теплоты: точность инструментов и правильность измерений в ранневикторианской Англии // Вопросы истории естествознания и техники. — 1998. — № 1.

тра отличались от градусов обычной температурной шкалы и, по сути дела, являлись условными величинами, разными для разных термометров. Как пишет Х. Зибум, Джоуль «...создал систему значений, соответствующую конкретному термометру, которым обладал лишь он один. Его произвольная шкала позволила увеличить чувствительность, но он оказался единственным человеком, который мог оценить правильность своих результатов». Именно так Джоуль достигал уже упоминавшейся точности измерения температуры 3 мК.

Кстати, из-за уникальности используемой Джоулем методики измерений он не мог продемонстрировать свои эксперименты коллегам, так как, по мнению современных историков науки, тепловое излучение, исходящее от присутствующего при этих экспериментах человека, заметно влияло на показания термометра и искажало результаты измерений.

Существование механического эквивалента теплоты было окончательно признано научным сообществом не только благодаря высокому мастерству экспериментатора Джеймса Прескотта Джоуля, но и благодаря тому, что научное сообщество признало идею сохранения энергии и реализующий эту идею закон. Исключительно большое влияние на это признание оказала публикация в 1847 году работы Германа Гельмгольца «О сохранении силы»; закон сохранения энергии теоретически обосновывался Гельмгольцем не только для механических, но также и для электромагнитных процессов и явлений. Что же касается самого Джоуля, то его упорство в повторении все новых и новых экспериментов поддерживалось убежденностью в том, что механический эквивалент теплоты существует и может быть измерен.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 7 за 2012 год.*

ВИЛЬГЕЛЬМ КОНРАД РЕНТГЕН

Жизнь и карьера

Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923) — первый лауреат Нобелевской премии по физике — родился в городке Леннепе, неподалеку от Дюссельдорфа. Его отец, Фридрих Конрад Рентген, владел фабрикой сукна, а мать, Шарлотта Констанца Рентген (урожденная Фровейн), была родом из Амстердама. По-видимому, последнее обстоятельство было одной из причин того, что в 1848 году семья переехала в Голландию. Окончив частную школу, Рентген поступил в техническое реальное училище в Утрехте. Однако закончить его Рентгену не удалось: он был исключен из школы.



Вильгельм Конрад Рентген

Нобелевский лауреат по физике 1914 года Макс Лауэ описывает ситуацию с исключением Рентгена следующим образом: «Ученическая выходка, поиски виновного преподавательским составом, не вполне уверенного в своей правоте, и, вследствие невозможности установить виновного, — тяжелое наказание относительно не причастного ученика». В очерке о Рентгене в энциклопедии «Лауреаты Нобелевской премии» приводятся небезынересные детали: «Был исключен за то, что отказался назвать своего товарища, нарисовавшего непочтительную карикатуру на нелюбимого преподавателя». Исключение из училища лишало Рентгена возможности получить аттестат зрелости и, следовательно, поступить в высшее учебное заведение.

Рентген ищет вуз, для поступления в который не требуется аттестат, и в итоге становится студентом Высшей технической школы в Цюрихе.

Он три года изучает машиностроение и во время учебы проявляет особый интерес к высшей математике и технической физике. Через год после окончания Высшей технической школы Рентген представляет в Цюрихский университет диссертацию по теории газов и 22 июня 1869 года получает степень доктора



Высшая техническая школа в Цюрихе

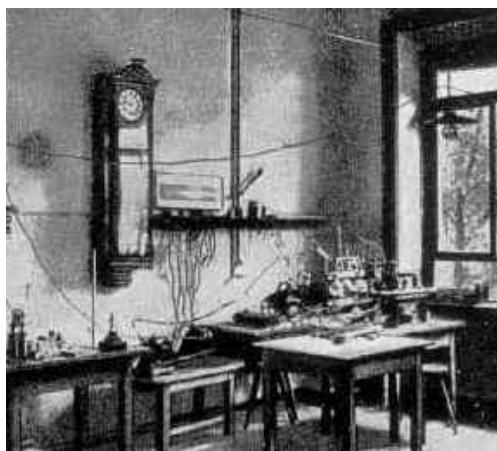
философии. Вот как он сам описывает это в одном из частных писем: «Я имел на руках два диплома — один инженера, другой доктора философии — и тем не менее не мог решиться обратиться к технике, что было моим первоначальным намерением. В это критическое время я познакомился с одним молодым профессором физики — Кундтом, который однажды спросил меня: “Чего бы, собственно, вы хотели в жизни?” И на мой ответ, что я и сам этого не знаю, он сказал, что я должен попробовать себя в физике, а когда я должен был признаться, что физикой, можно считать, я совсем не занимался, он указал, что это можно наверстать. Так или иначе, в двадцать четыре года, будучи уже обрученным, я начал изучать физику и заниматься ею».

Август Кундт, сыгравший столь важную роль в судьбе Рентгена, был выдающимся физиком-экспериментатором и по мнению Ю. Храмова создателем первой в истории мировой науки физической школы. Среди «выпускников» этой школы были в том числе и выдающиеся российские физики П. Н. Лебедев и Б. Б. Голицын. В 1870 году Кундта приглашают на работу в Вюрцбургский университет, и он предлагает Рентгену место своего ассистента. Однако отсутствие аттестата зрелости становится препятствием для приема на работу. К счастью, через некоторое время Кундт становится профессором Страсбургского университета, администрация которого закрыла глаза на отсутствие у Рентгена аттестата, и он получает наконец-то право на преподавание. А в 1879 году Кундт совместно с Рентгеном открыл вращение плоскости поляризации света в некоторых газах, находящихся в магнитном поле. В Страсбургском университете Рентген работает в качестве экстраординарного профессора математической физики. Вот что пишет в связи с этим Ф. Гернек: «Он, конечно, не был физиком-математиком в собственном смысле, и вся его любовь была отдана экспериментальному исследованию, но необходимыми физику математическими вспомогательными средствами он владел, без сомнения, свободно. В остальном же Рентген, подобно Фарадею, обладал способностью представлять содержание физических теорий в осязаемо наглядных формах. В его рукописях формулы встречаются редко».

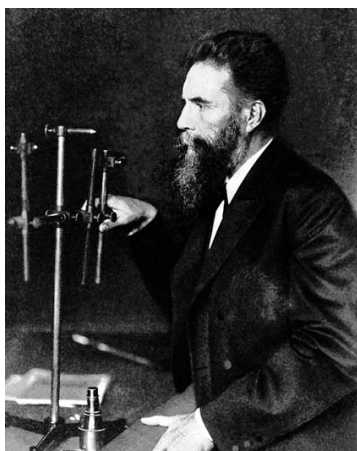
В 1879 году Рентген получает должность профессора экспериментальной физики в университете Гиссена. Именно там ему удается обнаружить, что движущийся электрический заряд возбуждает магнитное поле. Соответствующую статью он публикует в 1888 году. Этот резуль-



Август Кундт



Лаборатория физики в университете
Вюрцбурга



Рентген во время
эксперимента

тат (движущийся заряд стали называть током Рентгена) по его личной оценке имел не меньшее значение, чем принесшее ему Нобелевскую премию и прославившее его открытие X-лучей. В Гиссене Рентген проработал десять лет, в 1888 году получил приглашение на профессорскую должность из Вюрцбургского университета — того самого, который за два десятилетия до этого по формальным основаниям отказал ему в приеме на работу. После нескольких лет работы профессором его в 1894 году избирают ректором университета. Свою речь при вступлении в должность ректора Рентген посвящает важности экспериментального исследования. Он называет эксперимент средством отвоевать у природы ее тайны и указывает, что каждое явление следует наблюдать и описывать во всех деталях. И только потом, подчеркивает Рентген, мы имеем право заняться интерпретацией явления.

Открытие X-лучей

Открытие, прославившее его имя в истории человечества, ректор Вюрцбургского университета Вильгельм Конрад Рентген сделал 8 ноября 1895 года. Эта дата, кстати, известна исключительно со слов самого Рентгена, из его беседы с американским журналистом в начале 1896 года. По словам ассистента Рентгена Людвиг Цендера, его шеф всегда работал один, не посвящая никого в используемую им методику исследования. По этой причине детали, сопровождавшие его эпохальное открытие, так плохо известны. И именно по этой причине некоторые из коллег Рентгена (и, добавим, некоторые псевдоисторики науки) пу-

блично высказали сомнения в его авторстве.

Катодные лучи — излучение неясной в то время природы — наблюдались в разрядных трубках. Английскому физику Уильяму Круксу, добившемуся высокой степени разрежения в трубках



Трубка Крукса

(он использовал для этого вакуумный насос усовершенствованной конструкции), удалось установить источник лучей — катод трубки и обнаружить, что стенки таких трубок флюоресцируют зеленоватым светом. Крукс выдвинул гипотезу, что флюоресценция вызывается катодными лучами при их соударении со стеклянными стенками. В одном из экспериментов Крукс поместил внутрь трубки легкое колесико и установил, что оно вращается под воздействием попадающих на него катодных лучей. К ноябрю 1895 года про катодные лучи было известно, что они отклоняются магнитным полем точно так же, как отклонялись бы в этом поле отрицательно заряженные частицы. Изучение катодных лучей показало, что они представляют собой поток электронов. Активно изучавший катодные лучи немецкий физик Филипп Ленард сумел (как он считал) вывести катодные лучи за пределы разрядной трубки. Для этого он сделал в стенке трубки окошечко из алюминиевой фольги. В действительности же он имел дело с рентгеновским излучением, источником которого были сталкивавшиеся со стенками электроны. Трубки конструкции Ленарда использовал в том числе и Рентген. Кстати, ссылаясь на это обстоятельство, Ленард впоследствии утверждал, что это его, а не Рентгена следует считать подлинным автором открытия.

8 ноября 1895 года Рентген, желая упростить наблюдения катодных лучей, обернул разрядную трубку темным картоном и, к своему изумлению, обнаружил, что находящийся недалеко от трубки экран, покрытый циано платинитом бария, светится. В энциклопедии «Лауреаты Нобелевской премии» специально отмечается, что в данном конкретном случае Рентген использовал трубку без окошечка, то есть не ту, которую сконструировал Ленард. Но зачем был нужен Рентгену в его лаборатории такой экран? Сам он спустя полгода говорил, что «искал невидимые лучи» и считал подобные экраны подходящим инструментом для их выявления. Гернек замечает, что за несколько дней до эпохального открытия Рентген проявлял фотопластинки, лежавшие в светонепроницаемом футляре вблизи разрядной трубки, и обнаружил, что они засвечены. Заинтригованный этим странным обстоятельством он и пытался выяснить детали...



Рентгеновский снимок руки, сделанный Рентгеном

После серии наблюдений Рентген установил непреложный факт: экран начинал флюоресцировать после подключения трубки к источнику питания. Более того, флюоресценция наблюдалась даже в том случае, когда экран удаляли от трубки на расстояние в два метра, что существенно превышало расстояние, на которое распространялись катодные лучи. Рентгену стало понятно, что он имеет дело с неким неизвестным излучением. В своих опытах он поочередно отгораживал разрядную трубку от флюоресцирующего экрана разными предметами: книгой, свинцовыми гирями, куском листового алюминия... Выяснилось, что разные вещества по-разному поглощают X-лучи, а свинец для них непрозрачен. Оказалось также, что кости руки (если она находилась между трубкой и экраном) представляли на экране более темными — при том, что окружающие мягкие ткани выглядели более светлыми.

Рентген также обнаружил, что новые лучи действуют на фотопластинки. На фотографии (корректнее было бы называть ее рентгенограммой) кистей рук жены Рентгена были ясно различимы белые кости и белые же полоски от надетых на пальцы колец.

Семь недель Рентген активно изучал открытые им лучи. Первое публичное сообщение о своем открытии ректор Вюрцбургского университета сделал 28 декабря 1895 года и в качестве аудитории для доклада выбрал членов Вюрцбургского физико-медицинского общества. Доклад, сделанный Рентгеном на семинаре общества, был немедленно напечатан; соответствующая брошюра получила заголовок «О новом роде лучей». За несколько недель издательство пять раз допечатывало тираж, а вскоре брошюру перевели на английский, французский, итальянский и русский языки. В январе 1896 года Рентген послал брошюру и несколько «рентгенограмм» некоторым своим коллегам и друзьям. Среди них были Уильям Томсон, Людвиг Больцман и Анри Пуанкаре. Пуанкаре немедленно рассказал об открытии Рентгена на заседании Парижской академии наук, сопроводив свое сообщение полученными от Рентгена фотографиями. Пуанкаре предположил, что открытое Рентгеном излучение испускается флюоресцирующими стенками разрядной трубки и, более того, невидимое излучение вообще сопровождает явление флюоресценции. Присутствовавший на заседании профессор Анри

Беккерель сразу же отправился в свою лабораторию для проверки этой гипотезы. В серии экспериментов с активно флюоресцирующей под действием солнечного света урановой солью он действительно обнаружил невидимое излучение. Так была открыта радиоактивность.

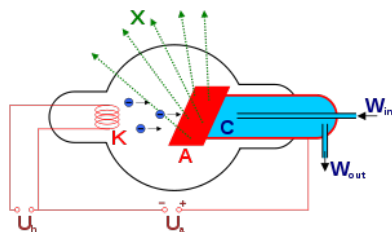
Обнаруженное им излучение Рентген назвал X -лучами. И хотя природа этого излучения (электромагнитные волны крайне малой длины волны) была установлена в 1912 году в опытах Лауэ, Фридриха и Книппинга по дифракции излучения на кристаллической решетке, именно название « X -лучи» стало привычным в англоязычных странах. В немецкоязычных, а также в России принято название «рентгеновские лучи».

Свойства нового излучения

Вопрос о возможной природе открытого излучения Рентген обсуждает уже в своем первом из трех опубликованных сообщений о новых лучах. Ориентируясь на их химическое действие и на вызываемую ими флюоресценцию, он говорит о «родстве между новыми лучами и световыми лучами». Ученый предполагает сходство X -лучей и ультрафиолетового излучения и выдвигает гипотезу, что открытые им лучи представляют собой продольные волны в световом эфире. Эта гипотеза оказалась неправильной.

В марте 1896 года Рентген публикует вторую статью. В ней он сообщает, что не обнаружил ни одного твердого тела, которое под действием катодных лучей не возбуждало бы X -лучей. В ходе дальнейших исследований он разрабатывает конструкцию нового типа рентгеновской трубки с алюминиевым катодом и антикатодом из платины.

Какие свойства X -лучей удалось установить Рентгену? Во-первых, эти лучи распространяются прямолинейно, а их источником являются именно разрядные трубки, но не провода, соединяющие эти трубки с источниками питания. Во-вторых, X -лучи возбуждаются катодными лучами в тех местах, где они попадают на стенку трубки, независимо от того, стекло это или алюминий. В-третьих, интенсивность X -лучей убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. В-четвертых, Рентген обнаружил высокую проникающую способность X -лучей (она превышала таковую для всех известных излучений), а также выявил, что разные вещества отличаются друг от друга по коэффициен-



Схематическое изображение рентгеновской трубки

ту поглощения этих лучей. Был и отрицательный результат: не удалось зафиксировать преломление X -лучей. Рентген пытался найти их отклонение при прохождении через стеклянные и металлические призмы, но безуспешно. «С самого начала моей работы с X -лучами я многократно пытался получить с ними явления дифракции; я получал даже много раз — с узкими щелями и т. д. — явления, которые внешне совершенно напоминали картину дифракции. Но каждый раз, когда я, изменяя условия опыта, проверял правильность такого объяснения, оно не оправдывалось... Я не могу привести ни одного опыта, из которого я бы мог сделать с достаточно удовлетворяющей меня степенью надежности вывод о существовании дифракции X -лучей».

Идея провести опыты по наблюдению дифракции рентгеновского излучения на кристаллической решетке была высказана Максом Лауэ и в 1912 году реализована Вальтером Фридрихом и Паулем Книппингом. Опыты оказались успешными. Сам факт дифракции X -лучей был убедительным доказательством того, что они в действительности являются электромагнитными волнами очень маленькой длины. Кроме того, опыты Лауэ, Фридриха и Книппинга были восприняты научным сообществом как убедительное доказательство реального существования кристаллической решетки и, следовательно, существования атомов.

Рентген и другие

В различных описаниях судьбоносных экспериментов Рентгена всегда подчеркивается, что установка, с помощью которой он сделал свое выдающееся открытие, ничем не отличалась от большинства таких же установок. Именно поэтому его современники имели полное право переживать по поводу того, что не обратили внимания на тот эффект, который удалось заметить великому немецкому физику.

Предоставим слово Максу Лауэ: «Случайным наблюдением было то, что Рентген увидел, что вблизи трубки газового разряда светился бариево-платино-синеродистый экран, хотя для такого свечения не было никаких известных причин... Прибор Рентгена входил в обычное оборудование каждого физического института, и во многих местах можно было сейчас же повторить его эксперименты, как только они были опубликованы». Лауэ, ссылаясь на биографа Рентгена Отто Глассера, приводит такой пример. В 1890 году — за пять лет до открытия Рентгена — работавший в Пенсильванском университете физик Артур В. Гудспид проводил эксперименты с разрядной трубкой, при этом около трубки лежали фотопластинки. После проявления одной из них на ней обнаружился отличный снимок, который, однако, никто допол-

нительно не изучал. Эта пластинка сохранилась в архиве Гудспида, и спустя шесть лет была тщательно исследована. Эксперты установили, что на пластинке на самом деле была запечатлена рентгенограмма. В 1896 году сам Гудспид опубликовал информацию об этой находке в журнале «Science».

Наибольшую известность получила позиция Филиппа Ленарда, имя которого мы уже упоминали. В первое время после открытия Рентгена он не подвергал сомнению его авторство. Из письма Ленарда Рентгену в мае 1897 года: «То, что Ваше великое открытие так быстро обратило внимание и на мои скромные работы, было для меня особенным счастьем, и я могу теперь вдвойне радоваться этому благодаря Вашему дружескому участию». Однако после того как Рентген стал лауреатом Нобелевской премии, позиция Ленарда изменилась, и присуждение в 1905 году ему самому Нобелевской премии за изучение катодных лучей ситуацию принципиально не изменило. А после опытов Лауэ, Фридриха и Книппинга по дифракции рентгеновского излучения на кристаллической решетке Ленард стал называть рентгеновское излучение исключительно «лучами высокой частоты», сознательно не упоминая при этом имени Рентгена. Заметим, что в годы Третьего рейха Ленард получил неофициальный статус главного физика Германии и прославился антисемитскими высказываниями в адрес Эйнштейна, Герца и других немецких физиков еврейского происхождения.

Согласно формулировке Нобелевского комитета, премия была присуждена Рентгену «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь». Читать доклад на торжественном вручении премии Рентген отказался. Биографы отмечают, что причиной тому были его скромность и замкнутость. Он полагал, что все, что мог сказать о сделанном им открытии, уже изложил в тех статьях, которые ранее опубликовал в научных журналах. Стоит заметить, что в следующем, 1902 году Нобелевская премия по физике была поделена между П. Зеemanом и Х. Лоренцем за открытие электрона, а в 1903-м — между Анри Беккерелем и супругами Пьером и Марией Кюри за исследования радиоактивности. Первое открытие выросло из изучения катодных лучей, а второе было непосредственно инициировано опытами Рентгена.

Среди историков науки широко известна классификация ученых, предложенная известным немецким химиком и методологом науки Вильгельмом Оствальдом. В книге «Великие люди» он разделил выдающихся ученых на классиков и на романтиков. Согласно Оствальду, «первой заботой романтиков является разрешение существующей проблемы для того, чтобы освободить место для новой». Что же касается

классика, то его «первая забота — исчерпывающе разработать существующую проблему, чтобы ни он сам, ни кто-либо из современников не могли улучшить результат». Конечно, как и всякая другая, классификация Оствальда весьма условна. Однако все, что мы знаем о Рентгене, позволяет считать его ученым-классиком. Макс Лауэ заметил, что три статьи, написанные Рентгеном между 1895 и 1897 годом, «настолько исчерпывали предмет, что целое десятилетие не могло прибавить ничего нового». И именно «классичность» Рентгена помогла ему увидеть то, что не смогли увидеть его коллеги.

Добавим к этому замечание Гернека, отнесшего Рентгена к числу естествоиспытателей, опасавшихся опошления науки в процессе ее популяризации. Именно по этой причине Рентген никогда не выступал с популярными лекциями перед широкой аудиторией (не сделав исключения даже для нобелевского доклада!).



Абрам Федорович
Иоффе

Среди учеников Рентгена (немногочисленных) одним из самых известных был Абрам Федорович Иоффе, основатель крупнейшей в СССР физической школы. Исследования, выполненные вместе с Рентгеном, в значительной степени определяли научные интересы Иоффе в начале его научной биографии. Небезынтересно развитие его взаимоотношений с Рентгеном. В Мюнхенский университет, профессором которого был новоиспеченный нобелевский лауреат, Иоффе приезжает в 1902 году, после окончания Технологического института в Санкт-Петербурге. Он работает

у Рентгена сначала практикантом, а впоследствии ассистентом. Чтобы Рентген признал в своем ученике способности экспериментатора, потребовалось некоторое время. И только когда Иоффе предложил оригинальную методику определения количества теплоты, которое выделял в единицу времени радиоактивный радий, Рентген сформулировал для него тему докторской диссертации. Работая над диссертацией, Иоффе изучал прохождение токов через кристаллы и, в частности, обнаружил, что у каменной соли сильно возрастает электрическая проводимость, если ее подвергнуть воздействию рентгеновских лучей. Фактически это было первым в истории физики наблюдением внутреннего фотоэффекта в кристаллах определенного вида. После этого Рентген вместе с Иоффе начали исследовать электрические свойства кристаллов. Ю. Храмов отмечает существенное расхождение стилей работы профессора и его

молодого ученика: «Вопреки методике Рентгена Иоффе не пошел по пути простого накопления опытных фактов, он... старался экспериментальную работу предварять построением микроскопической картины явления и прогнозированием ожидаемого результата. Расхождения с В. Рентгеном выявились также в методах изложения полученных результатов». В итоге, отмечает Храмов, «полученный ими огромный опытный материал был законсервирован, а в 1923 году после смерти Рентгена согласно его завещанию сожжен». Описание некоторых проведенных ими опытов было опубликовано в 1921 году в статье, единственным автором которой был Рентген. В 1923 году Иоффе опубликовал часть результатов (фактически это была статья, написанная им в 1908 году, но в то время не опубликованная, — надо полагать, из-за своеобразной позиции, занятой Рентгеном).

Х-лучи на службе у человечества

Невозможно не упомянуть о том, как отреагировали на открытие Рентгена врачи. Именно медицинские перспективы обсуждались в первой посвященной этому открытию газетной заметке. Сообщение появилось в одной из венских газет, издателем которой был отец физика Эрнста Лехера. Он увидел фотографии, которые Рентген прислал Францу Экснеру, своему товарищу по Цюрихскому университету. Волна публикаций в СМИ поднялась в течение нескольких дней. Напомним, что в первом сообщении Рентгена была опубликована рентгенограмма руки. А в третьем сообщении Рентген поместил изображение двустволки с патроном внутри; изображение отчетливо демонстрировало наличие в оружии дефектов.

И рентгенодиагностику и рентгенотерапию стали быстро внедрять в больницы. При этом из-за отсутствия какой-либо информации об опасности излучения многие из вовлеченных в новые методики лечения врачей и техников погибли от лучевой болезни. Нередко сеансы рентгенотерапии оказывались губительными и для пациентов.

Рентген проявил истинное благородство и отказался от предложения Берлинского



Музей Рентгена в Леннепе

всеобщего электрического общества купить у него права на использование сделанного им открытия. По его мнению, результатами открытия X-лучей человечество должно было пользоваться без каких-либо ограничений.

Завершим этот небольшой очерк строчками одного из учеников Рентгена Вальтера Фридриха: «Тот, кому было позволено вступить с Рентгеном в личные отношения, испытывал чувство, говорившее ему, что перед ним действительно великий человек... Честность и благородная скромность были самыми примечательными чертами его характера». Так же оценивает Рентгена и Ф. Гернек, назвавший его «совестью немецкой экспериментальной физики».

Литература

1. Лауреаты Нобелевской премии : энциклопедия. — М. : Прогресс, 1992.
2. Гернек Ф. Вильгельм Конрад Рентген // Гернек Ф. Пионеры атомного века. — М. : Прогресс, 1974. — С. 80—104.
3. Лауэ, Макс. Памяти Вильгельма Конрада Рентгена // Лауэ, Макс. Статьи и речи. — М. : Наука, 1969. — С. 139—150.
4. Храмов Ю. А. Научные школы в физике. — Киев : Наукова думка, 1987. — С. 209—242.
5. Кудрявцев П. С. История физики : в 3 т. — Т. 2. — М. : Госучпедгиз Министерства просвещения РСФСР, 1956. — С. 350—374.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 3 за 2015 год.*

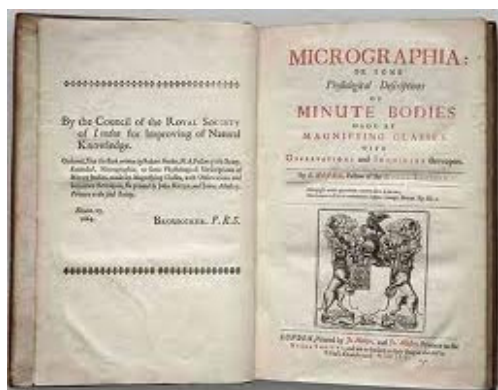
ИСТОРИЯ МИКРОСКОПА ОТ РОДЖЕРА БЭКОНА ДО РОБЕРТА КОХА

Впервые о стеклах особой формы, которые могут помочь при слабом зрении, упомянул Роджер Бэкон в 1268 году. Понадобилось, однако, несколько столетий для того, чтобы люди сообразили расположить линзы так, чтобы удаленные объекты казались более близкими, а маленькие — увеличенными в размерах. Что касается собственно микроскопа, то его документированная история начинается с 1590 года. Именно тогда голландский очков дел мастер Ханс Янсен и его сын Захарий предложили первую конструкцию сложного микроскопа с двумя линзами. С помощью одной линзы (объектив) формировалось изображение, с помощью другой (окуляр) оно увеличивалось. Микроскоп такого типа изготавливает в 1609—1610 годах Галилео Галилей; в 1612-м он дарит экземпляр своего *occholino* польскому королю Сигизмунду III. Еще один экземпляр *occholino* Галилей преподносит в 1624 году принцу Федерико Чези, основателю Академии Линчи (Академии рысьеглазых), а еще через год член этой академии Джованни Фабер предлагает назвать галилеевский *occholino* микроскопом — по аналогии с прославившим Галилея телескопом.

Двулинзовый микроскоп достаточно быстро был модернизирован английским физиком и архитектором, куратором экспериментов Лондонского королевского общества (ЛКО) Робертом Гуком. Гук, в частности, установил, что увеличение микроскопа будет существенно больше, если использовать в нем сферические либо двояковыпуклые линзы с небольшим фокусным расстоянием. Микроскопы модели Гука стали популярными; небольшие размеры позволяли носить такие микроскопы с собой и использовать для наблюдений при любой возможности. Гук, кроме того, добавил в 1663 году в оптическую схему микроскопа третью линзу. Она помещалась между объективом и окуляром, повышая отчетливость изображения и увеличивая поле зрения микроскопа. Микроскоп конструкции Гука снабжался также осветительным устройством с масляной лампой.



Микроскоп
конструкции Гука



Титульный лист «Микрографии» Гука

Фокусные линзы независимо от Гука пришел голландский ученый-любитель Антони ван Левенгук. Левенгук самостоятельно варил стекла для своих линз, изготавливая их из расплавленных в пламени стеклянных шариков, самостоятельно обрабатывал их и в итоге научился делать маленькие линзочки размером в один миллиметр с коэффициентом увеличения 270 (отношение линейного размера изображения к размеру изучаемого объекта). Левенгук в общей сложности изготовил около 400 экземпляров однолинзовых микроскопов; их размер составлял 8—11 см, и их нужно было располагать близко к глазу. Технологию изготовления линз Левенгук держал в секрете.

Самым же простым в то время был, по-видимому, водяной микроскоп Грея (1696) — капля воды, помещенная в маленькое отверстие металлической пластинки. Что касается самого термина «микроскоп»,



Антони ван Левенгук

то в привычной нам русской транскрипции впервые его употребил Михаил Ломоносов. Начиная с 1743 года Ломоносов активно пользовался микроскопом и даже внес в его конструкцию усовершенствование — устройство для быстрой смены объектива.

Весьма серьезной проблемой микроскопических наблюдений довольно долго была хроматическая аберрация, связанная с различием в коэффициентах преломления света для разных длин волн. Из-за нее вокруг изображений возникали цветные круги. К середине 70-х годов XVIII века уже появились телескопы с ахроматическими объективами и вполне

Трехлинзовый микроскоп Роберта Гука стал весьма популярным. О проведенных с помощью своего микроскопа исследованиях Гук рассказал в трактате «Микрография», изданном в 1665 году. Именно после выхода этой книги биологи стали воспринимать микроскоп как свой основной инструмент.

К идее использовать двояковыпуклые коротко-

естественно было ожидать такого же прогресса и в отношении микроскопа.

В начале 70-х годов XVIII века Леонард Эйлер рассчитал, а Иван Кулибин вместе с двумя механиками Академии наук России изготовил микроскоп с ахроматическим объективом. Образец, однако, оказался неудачным, и достичь успеха удалось только петербургскому академику Францу Эпинусу, представившему в 1784 году сообщение о разработанной им модели микроскопа с ахроматическим объективом. По свидетельству современников, микроскоп Эпинуса стал первым микроскопом, в котором была решена проблема хроматической аберрации. Длина микроскопа Эпинуса составляла 1 метр, а фокусное расстояние объектива равнялось 18 сантиметрам с возможностью максимального увеличения в 70 раз.

В XVIII веке весьма важным для представителей научного сообщества становится процесс популяризации достижений естественных наук. Большие возможности для этого предоставлялись, в частности, при использовании солнечного проекционного микроскопа. Этот прибор, изобретенный в середине 30-х годов XVIII столетия, позволял организовывать демонстрации микроскопических объектов при достаточно большом скоплении публики. В 1764 году одну из модификаций такого микроскопа изготовил, руководствуясь идеями Эйлера, Франц Эпинус.



Микроскоп Эпинуса

Во второй половине XVIII века произошло еще одно важное событие в истории микроскопа и оптики в целом: швейцарец часовой мастер Гинан научился изготавливать оптическое стекло высокой степени однородности, практически не содержащее пузырьков. Благодаря этому качество используемых в микроскопах линз существенно улучшилось.

Следует отметить, что вплоть до первых десятилетий XIX века сложные микроскопы с объективом и окуляром, снабженные красивыми оправками и изящными ножками, воспринимались скорее как предмет украшения, а в действительно важных наблюдениях ученые использовали, как правило, однолинзовые микроскопы, являвшиеся, по сути, обычными лупами. В этом смысле весьма важной датой в истории микроскопии стал 1824 год, когда во Франции начался выпуск микроскопа с объективом нового типа. Ранее состоявший из единственной линзы объектив стал сборным, составляемым из отдельных линзочек. Благодаря этому появилась возможность оперативно исправлять не-

достатки микроскопа, а коэффициент увеличения удалось поднять до 500, в некоторых случаях даже до 1000 раз. Минимальный размер объектов, которые можно было увидеть в микроскоп, сократился с двух микрон до одного.

В полном смысле поворотными для истории микроскопа стали 60-е годы XIX столетия, когда Эрнст Аббе разработал теорию формирования микроскопических изображений. По словам академика Д. С. Рождественского, «во времена до Аббе микроскопов не рассчитывали, а усовершенствовали линзы объектива путем постепенных проб, искусство делать микроскопы было тогда только искусством». После Аббе конструирование новых моделей микроскопов практически всегда происходило на основе строгого расчета. Исключительно важными были и созданная химиком Шотом методика варки оптического стекла высокого качества. Работы Аббе и Шота позволили знаменитой фирме Цейса добиться выдающихся успехов в изготовлении микроскопов. Общее производство микроскопов к концу столетия достигает двух тысяч штук в год.

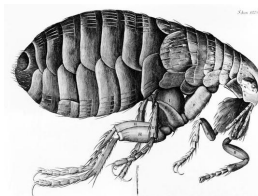
В XX веке конструкции оптических микроскопов продолжают совершенствоваться, но главное — появляются микроскопы, основанные на новых физических принципах, и в первую очередь это, конечно, электронный микроскоп. За создание различных типов микроскопов в XX столетии было присуждено в общей сложности четыре Нобелевские премии. Так, Нобелевской премией 1986 года было отмечено создание сканирующего туннельного микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа.

Прогресс в «микроскопостроении» сделал возможным целый ряд выдающихся открытий в области биологии.

Так, в 1661 году итальянец Марчелло Мальпиги обнаружил с помощью микроскопа капилляры, соединявшие вены с артериями. Открытие капилляров стало решающим событием в признании теории кровообращения английского врача Уильяма Гарвея, согласно которой в организме человека происходит непрерывная циркуляция крови. До Гарвея общепризнанной была иная теория, согласно которой кровь производится в печени. Мальпиги, кроме того, открыл красные кровяные тельца и показал, что именно они ответственны за цвет крови.

Исключительно важным событием в истории микроскопических наблюдений был выход в свет в 1665 году трактата Роберта Гука «Микрография». Популярность «Микрографии» во многом обеспечили представленные в ней великолепные зарисовки разнообразных микроскопических объектов, выполненные самим Гуком — искусным рисовальщиком. Объектом, с которого Гук начал микроскопические исследо-

вания, стала обычная игла. Как оказалось, ее гладкая на первый взгляд поверхность скрывала необычайно сложную структуру. Гук, кроме того, исследовал структуру пробки и нашел ответ на вопрос о ее необычайной легкости и плавучести, обнаружив огромное количество воздушных полостей. Эти полости напоминали монашеские кельи; назвав их «клетками», Гук обогатил биологию новым и крайне важным объектом исследования. Кроме того, Гуку удалось зарисовать волоски на туловище блохи.



Левенгук, в отличие от Роберта Гука, художником не был, и славу ему принесли многочисленные открытия, сделанные с помощью исключительных по своим параметрам однолинзовых микроскопов. Большой сборник своих трудов Левенгук назвал «Тайны природы, добытые с помощью микроскопа». Так, в 1677 году он открыл сперматозоиды, а в 1683 году впервые описал увиденные им с помощью микроскопа бактерии. Ему также удалось описать и зарисовать одноклеточную амёбу. Продолжая наблюдения Мальпиги, Левенгук продемонстрировал, как именно красные кровяные тельца циркулируют по капиллярам. Кроме того, он описал эмбрион цыпленка и процесс развития шелкового червя. Напомним, что Левенгук скрывал свой метод изготовления линз... Во многом по этой причине следующего этапа изучения микроорганизмов пришлось ждать почти два столетия.



Иллюстрации из «Микрографии» Гука

Открытия, сделанные с помощью микроскопа, не вызвали, впрочем, такого же общественного резонанса, как открытия, сделанные с помощью телескопа. Действительно, обнаруженные Галилеем горы на Луне и пятна на Солнце принципиально расходились с существовавшими в то время представлениями о природе космических тел. Что же касается бактерий и сперматозоидов,

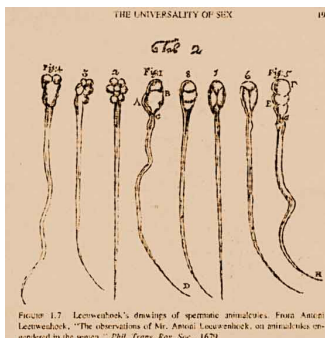


Рисунок 1.7. Левенгук, рисунки сперматозоидов. Изд. Антони Левенгук, «The universal microscope», on animalcules enlarged in the series. Phil. Trans. Roy. Soc. 1679.

Изображения сперматозоидов, выполненные Левенгуком по наблюдениям в микроскоп

то об их существовании до Левенгука никто не подозревал. Своими исследованиями Левенгук фактически открыл новую область изучения Природы; центром общественного интереса она стала только в конце XIX столетия, в первую очередь благодаря Луи Пастеру и Роберту Коху, увидевшим в микроскоп микроорганизмы, ответственные за распространение инфекционных болезней. Микроскопические исследования воспринимались в XVII столетии в общем контексте представлений об изучении Природы как глубоко нравственной деятельности, способствующей укреплению христианской морали. Так, соотечественник и современник Левенгука Ян Сваммердам, прославившийся скрупулезными микроскопическими исследованиями организмов насекомых, заявлял, что мудрость господа может быть осознана через тщательное исследование анатомии вши.

Весьма важным событием истории микроскопических исследований за пределами биологии стало использование микроскопа при изучении горных пород и минералов; соответствующие результаты представил в 1858 году в статье «О микроскопической структуре кристаллов» английский геолог Генри Клифтон Сорби. Сорби принадлежат также пионерские работы по микроскопическим исследованиям железа и стали.

В XIX веке начинается массовое производство микроскопов, а в 1824 году, благодаря изобретению составных линз, возникает цитология — наука о строении клетки. Существенному прогрессу в производстве микроскопов способствуют упоминавшиеся выше исследования оптика Аббе и химика Шота: в конце XIX столетия Роберт Кох, используя микроскоп новой конструкции, открывает микроорганизмы, ответственные за распространение холеры, туберкулеза, сибирской язвы. А в 1905 году «за исследования и открытия, касающиеся лечения туберкулеза» Роберт Кох был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине.

Сделанные с помощью микроскопа открытия стали началом эффективной борьбы с эпидемиями. Победы, одержанные учеными в этой борьбе, позволили резко увеличить продолжительность жизни человека. Микроскоп стал первым в истории научным инструментом, благодаря которому миллионы людей сохранили свои жизни.

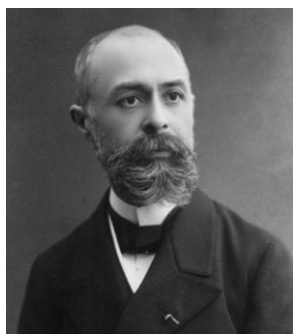
*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Химия. Биология. Медицина» № 7 за 2011 год.*

АНТУАН АНРИ БЕККЕРЕЛЬ

Радиоактивность была открыта в Париже в 1896 году (спустя год после открытия Вильгельмом Рентгеном своих знаменитых X-лучей) профессором Парижского музея естественной истории Анри Беккерелем. Феномен радиоактивности занимает особое место в истории мировой науки. Исследования в этой области привели всего лишь через пять десятилетий к созданию атомной бомбы, что стало определяющим фактором развития мировой цивилизации второй половины XX столетия. Наличие ядерного оружия у двух сверхдержав создавало ситуацию гарантированного взаимного уничтожения и останавливало главных политических игроков от начала военных действий.

Антуан Анри Беккерель (1852—1908) родился в Париже и был представителем почтенной научной династии. И его дед, Антуан Сезар Беккерель, и его отец, Александр Эдмон Беккерель, были известными физиками, академиками Парижской академии наук. Профессор Парижского музея естественной истории Антуан Сезар Беккерель вошел в историю благодаря пионерским исследованиям люминесцентных явлений. Александр Эдмонд Беккерель унаследовал должность своего отца, известность ему принесло изучение света и спектральных особенностей солнечного излучения. Он также изучал явление фосфоресценции, в том числе фосфоресценции соединений урана. Физиком стал и сын Анри Беккереля. Жан Беккерель, профессор кафедры физики Музея естественной истории (как и его отец, дед и прадед), изучал электрические и магнитные свойства кристаллов, в частности вращение плоскости поляризации света в магнитном поле.

По окончании лицея Людовика Великого Анри Беккерель поступил в Политехническую школу в Париже, откуда, закончив два курса, перевелся в Высшую школу мостов и дорог. Там изучал инженерное дело, стал преподавать и приступил к самостоятельным научным исследованиям. Так, в 1875 году



Антуан Анри Беккерель



Александр Эдмон Беккерель



Парижский музей естественной истории

Анри Беккерель начал изучать влияние магнитного поля на линейно поляризованный свет. По окончании Высшей школы мостов и дорог в 1877 году Беккерель получает первую ученую степень. Спустя год он становится ассистентом у своего отца — профессора

Музея естественной истории, не оставляя чтение лекций в Политехнической школе и работу в Управлении мостов и дорог. За четыре года сотрудничества с отцом, Эдмоном Беккерелем, Анри Беккерель публикует несколько статей о температуре Земли. После 1882 года Анри Беккерель меняет тематику научной работы и начинает совместные с отцом исследования люминесценции и механизмов нетеплового излучения света в целом. В середине 1880-х годов Анри Беккерель публикует статьи с изложением нового метода спектрального анализа, а в 1888 году защищает диссертацию о поглощении света в кристаллах. Докторскую степень Анри Беккерелю присуждает факультет естественных наук Парижского университета.

В 1891 году умирает Эдмон Беккерель, а спустя год Анри Беккереля официально назначают на те должности, которые занимал его отец, — заведующего кафедрой физики в Консерватории искусств и ремесел и заведующего кафедрой физики в Музее естественной истории. Еще через год Беккереля назначают главным инженером Управления мостов и дорог.

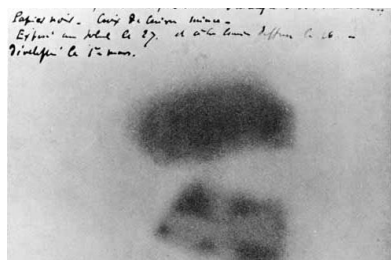
Открытие Анри Беккерелем радиоактивности обычно рассматривается как пример научного открытия, в котором случайность удачно сочеталась с высокой квалификацией самого исследователя. Анри Беккереля чрезвычайно заинтересовало открытие Вильгельма Рентгена. Этот интерес в немалой степени был связан с опытом Беккереля в изучении фосфоресценции. Как известно, в 1895 году Рентген обнаружил X-лучи — невидимое излучение, возникающее вблизи катодно-лучевой трубки или, как ее тогда называли, трубки Крукса (в честь физика Уильяма Крукса). Детали своих экспериментов Рентген изложил в небольшой брошюре «О новом роде лучей» и в самом начале 1896 года отправил брошюры вместе с первыми в мире рентгеновскими снимками десяти наиболее авторитетным физикам Европы. Среди адресатов Рентгена был знаменитый французский математик и физик-теоретик Анри Пуанкаре, который незамедлительно сообщил полученную им информацию

коллегам по Парижской академии наук. Вот что вспоминает о реакции научного сообщества на открытие Рентгена Мария Кюри (удостоенная в 1903 году вместе со своим учителем Анри Беккерелем и мужем Пьером Кюри Нобелевской премии по физике за исследования радиоактивности): «Источник лучей Рентгена находился на стеклянной стенке, на которую падали катодные лучи¹, причем эта стенка сильно флюоресцировала. Возник вопрос: не сопровождается ли появление лучей Рентгена непременно флюоресценцию, какова бы ни была причина этой последней? Эта мысль впервые была высказана Анри Пуанкаре. Спустя некоторое время Анри сообщил, что он получил фотографические отпечатки через черную бумагу при помощи фосфоресцирующего сернистого цинка». Мария Кюри отмечает, что похожие опыты были осуществлены и другими исследователями. Она подчеркивает, что все эти опыты «не могли быть воспроизведены, несмотря на многочисленные попытки, предпринятые с этой целью».



Жюль Анри Пуанкаре

Соображения, высказанные Пуанкаре, вдохновили Беккереля, и он поставил серию таких же опытов. В одном из экспериментов в качестве фосфоресцирующего вещества он использовал не сернистый цинк, а двойную серноокислую соль урана — вещество, имевшееся в минералогической коллекции Музея естественной истории, профессором которого он был. 24 февраля 1896 года Анри Беккерель рассказывал о результатах этого опыта на очередном заседании Парижской академии



Изображение фотопластины Беккереля, которая была засвечена излучением солей урана

наук: «Фотографическую бромсеребряную пластинку Льюьера обертывают двумя листами очень плотной черной бумаги... Сверху накладывают какое-нибудь фосфоресцирующее вещество (бисульфат урана и калия), а затем все это выставляют на несколько часов на солнце. При проявлении фотопластины на черном фоне появляется силуэт фосфоресцирующего вещества».

¹ Вскоре физики выяснят, что катодные лучи — это поток вылетающих с катода электронов и что возникновение рентгеновского излучения обусловлено торможением электронов при их соударении со стенками трубки.

Спустя неделю Беккерель вновь выступает на академическом заседании и вносит в свой предыдущий доклад существенное уточнение: «...Я особенно настаиваю на следующем факте, кажущемся мне весьма многозначительным... Те же кристаллы, содержащиеся в темноте, в условиях, когда возникновение радиации под действием солнечного света исключается, дают, тем не менее, фотографические отпечатки. В среду 26-го и в четверг 27 февраля 1896 года солнце появлялось лишь с большими перерывами. Я отложил совсем подготовленные опыты и, не трогая кристаллов соли урана, установил кассеты в ящике стола — в темноте. В следующие дни солнце не появлялось вовсе, но, проявив пластинки 1 марта, я обнаружил на них совершенно отчетливые контуры».

Беккерель ожидал, что в том случае, когда солнце закрыто облаками, эффект от фосфоресценции должен быть существенно слабее, и на фотопластинке появится нечеткое изображение. Изображение, однако, оказалось таким же отчетливым, как и в присутствии солнечного излучения. Появление столь же четкого изображения в условиях полной темноты позволяло Беккерелю сделать вполне естественный вывод о том, что урановая соль сама по себе является источником невидимых лучей какого-то нового вида.

Комментируя свое открытие, Беккерель подчеркивал чрезвычайную важность опыта, приобретенного в исследованиях его отца — заведующего кафедрой физики Музея естественной истории: «Открытие радиоактивности должно было быть сделано в лаборатории музея, и если бы мой отец был жив в 1896 году, он бы являлся его автором».

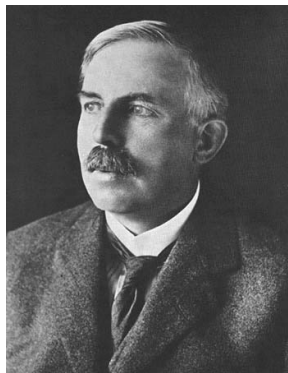
На весьма важную деталь опытов Беккереля обращает внимание крупнейший отечественный специалист по истории радиоактивности Д. Трифонов. Он замечает, что если бы Беккерель использовал в своих опытах свежеприготовленный препарат, то, возможно, ему не удалось бы наблюдать почернение фотопластинки. Позже стало известно (в нашем случае это важно), что пластинка чернеет под воздействием β -излучения и γ -излучения. В экспериментах, которые проводил Анри Беккерель, использовался препарат из коллекции Музея естественной истории. Препарат этот хранился достаточно долго, и за время хранения в нем накопились продукты радиоактивной превращаемости урана. Они-то и являются активными источниками β -излучения, ответственными за почернение фотопластинки. В свежеприготовленном препарате такие продукты отсутствуют, и в этом случае воздействие радиоактивного излучения на фотопластинку оказалось бы недостаточным для ее почернения.

В обнаруженном эффекте в первую очередь казалась невероятной спонтанность самого процесса излучения. Осенью 1896 года ла-

бораторию Беккереля посещают известные английские физики Уильям Томсон (лорд Кельвин) и Джордж Стокс. Главным вопросом для них становится вопрос о происхождении той энергии, источником которой был используемый Беккерелем препарат. В своих опытах Беккерель не заметил какого-либо ослабления интенсивности нового вида излучения. Интенсивность проверялась по способности лучей ионизировать воздух, что фиксировалось электрометром, заряд которого «стекал» в воздух, причем скорость утечки зависела от степени ионизации воздуха. Соответственно источник энергии излучения казался неисчерпаемым. После визита в лабораторию Беккереля Уильям Томсон предположил, что уран улавливает доходящую до нас через пространство лучистую энергию, которую никакими другими методами обнаружить невозможно, превращая ее в такую форму, в которой она способна производить химические действия. Эту гипотезу вначале поддерживала и Мария Кюри. На самом деле интенсивность радиоактивного излучения конкретного образца, естественно, убывает со временем, поскольку, как мы знаем, в соответствии с законом радиоактивного распада убывает количество нераспавшихся радиоактивных атомов. Это убывание интенсивности Беккерель не мог заметить из-за несовершенства используемого им экспериментального оборудования.

Беккерель тестирует в качестве источников невидимых лучей самые различные соединения урана, «обладающие и не обладающие фосфоресценцией, кристаллизующиеся, расплавленные и находящиеся в растворе». Здесь Беккерелю явно повезло, поскольку именно в те годы известный французский химик Анри Муассан разработал методику получения чистого урана. В результате уже в мае 1896 года Беккерель начинает эксперименты с образцами из металлического урана. Становится очевидным, что интенсивность излучения таких образцов в несколько раз превышает интенсивность излучения солей урана. Напрашивался вполне логичный вывод, что новое излучение (ставшее известным как «лучи Беккереля») связано каким-то образом со специфическими свойствами элемента уран. В следующем году у Беккереля появляется ученица: Мария Склодовская-Кюри выбирает исследования «лучей Беккереля» в качестве темы своей докторской диссертации. Совместно с мужем Пьером Мария Кюри занялась поиском иных источников «лучей Беккереля». Первые научные результаты супругов Кюри представлял на заседаниях Парижской академии наук сам Анри Беккерель. Так, 18 июля 1898 года он представляет доклад Пьера и Марии «О новом радиоактивном веществе», в котором рассказывается об открытии нового источника «лучей Беккереля» — элемента, названного Марией Кюри в честь ее родины полонием. А спустя полгода, 26 де-

кабря 1898 года, Беккерель представляет сообщение Марии и Пьера Кюри (а также Жака Бемона) «О новом сильном радиоактивном веществе, содержащемся в урановой смоляной руде». В сообщении рассказывалось об открытии еще более активного радиоактивного элемента — радия. После этих открытий новое излучение перестали называть лучами Беккереля, и, по предложению Марии Кюри, оно получило привычное для нас название — «радиоактивное». В 1902 году Мария и Пьер Кюри после изнурительных работ в тяжелейших условиях выделили первый дециграмм чистого хлорида радия (позднее Мария Кюри получила радий как чистый металл). А в 1903 году Мария Кюри триумфально защитила в Сорбонне свою докторскую диссертацию, тему которой, «Исследование радиоактивных веществ», она выбрала шесть лет назад. В том же году Анри Беккерель и супруги Кюри удостоиваются Нобелевской премии в области физики. Половину премии получил Беккерель с формулировкой: «В знак признания выдающихся заслуг, выразившихся в открытии самопроизвольной радиоактивности». Вторую половину премии получили Мария и Пьер Кюри «за выдающиеся заслуги в совместных исследованиях явлений радиации, открытого профессором Анри Беккерелем». Заметим, что в 1911 году Мария Кюри



Эрнест Резерфорд

получила за выдающиеся заслуги в изучении радия и в особенности за выделение чистого металлического радия вторую Нобелевскую премию, на этот раз в области химии.

Среди десяти адресатов, которым Вильгельм Рентген отправил препринт об открытии им X -лучей, был руководитель Кавендишской лаборатории знаменитый английский физик Дж. Дж. Томсон. Именно его сотрудник Эрнест Резерфорд, начавший по указанию Томсона исследования ионизации газов под действием X -лучей, продолжил их вскоре применительно к радиоактивному излучению.

Именно Резерфорду (вместе с его коллегами и учениками) удалось выяснить в первые десятилетия XX века природу радиоактивности. Именно в его экспериментах был установлен закон радиоактивного распада и было показано, что радиоактивность связана с превращением химических элементов.

Что же касается самого Беккереля, то в истории физики зафиксировано еще одно его открытие: в 1900 году он измерил отношение заряда к массе для отрицательно заряженных частиц, поток которых формирует β -лучи — одну из трех компонент радиоактивного излуче-

ния. Измерения Беккереля показали, что по порядку величины это отношение совпадает с отношением заряда к массе у катодных лучей. Этот результат Беккереля стимулировал дальнейшие эксперименты, после которых было признано, что и катодные лучи, и β -излучение представляют собой поток электронов — частиц, входящих в состав атома.

Помимо Нобелевской премии, Анри Беккерель был награжден также престижными научными наградами национальных академий наук: медалью Румфорда (ее присуждает Лондонское королевское общество), медалью Гельмгольца (награда Берлинской королевской академии наук) и медалью Барнарда (присуждается американской Национальной академией наук).

В системе СИ беккерелем названа единица активности радиоактивных ядер (активность в один беккерель означает, что за одну секунду происходит в среднем распад одного ядра). Имя Беккереля астрономы увековечили в названии кратеров на Луне и Марсе.



Медаль Румфорда

Впервые было напечатано в журнале «Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 12 за 2012 год.

К 150-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА Б. Б. ГОЛИЦЫНА

В самом начале XX столетия в геофизике были сделаны важные открытия, сильно повлиявшие на развитие сейсмологии и сейсмометрии. Было установлено, что землетрясения являются источниками продольных и поперечных упругих волн, и что эти волны распространяются в толще Земли с разной скоростью. Это открытие было использовано для разработки метода определения эпицентра землетрясения. Действительно, определив моменты прихода таких волн в точку наблюдения, можно, зная разделяющий их интервал времени, найти расстоя-



Борис Борисович
Голицын

ние от точки наблюдения до эпицентра. Если же мы располагаем такой информацией сразу из трех точек, то можно определить и все три координаты эпицентра.

Признанным во всем мире достижением российской сейсмологии начала XX столетия стала разработка сейсмометров, которые позволяли находить и расстояние до эпицентра, и направление (относительно точки наблюдения), в котором этот эпицентр находится. Понятно, что с помощью таких сейсмометров можно найти эпицентр, основываясь на наблюдениях только из одного пункта. Разрабатывал такие сейсмометры выдающийся российский физик Борис Борисович Голицын (1862—1916). Сейсмометры Голицына стали приобретать европейские геофизические обсерватории; международным признанием его заслуг стало избрание Б. Б. Голицына в 1911 году в Манчестере президентом Сейсмической ассоциации. В последний год своей жизни (1916) Голицын был избран и членом Лондонского королевского общества — честь, которой удостоивались немногие российские ученые.

Выяснение внутреннего строения Земли для Б. Б. Голицына было сродни изучению космоса: «Подобно тому как световые лучи, идущие к нам из мирового пространства, дают нам указания о химическом составе и отчасти о температуре и давлении, господствующих на различных небесных телах, а в комбинации с принципом Доплера дают возможность определить и скорость их движения по направлению луча зрения, так и сейсмические лучи дают нам ключ к разгадке сокровенных тайн

внутреннего строения земли и именно на таких глубинах, которые по своей недоступности совершенно изъяты из области исследований современной геологии».

Вклад Голицына в сейсмологию не ограничивался разработкой новых приборов. Действительный член Императорской академии наук, князь Б. Б. Голицын в 1913 году был назначен директором Главной физической обсерватории. Находясь в этой должности, он сформировал первую отечественную сеть сейсмических станций. Параллельно с сейсмологией физическими методами исследования и математическими формулами обогащалась в то время еще одна наука — метеорология. Главной физической обсерватории нужны были квалифицированные математики. По инициативе Голицына для работы в обсерватории был приглашен молодой аспирант-математик Санкт-Петербургского университета Александр Фридман. В становление российской метеорологии Александр Александрович Фридман внес немалый вклад, но главные его научные достижения относились уже к совсем новой науке — космологии.



Александр Александрович Фридман

В своей статье «О кривизне пространства», опубликованной в 1922 году, А. А. Фридман доказывал, что уравнения общей теории относительности допускают решение, описывающее нестационарную Вселенную — то есть такую, размеры которой со временем могут увеличиваться. Спустя год Альберт Эйнштейн согласился с российским математиком: «Я считаю результаты г. Фридмана правильными и проливающими новый свет». В итоге А. А. Фридман, в научной судьбе которого Б. Б. Голицын сыграл решающую роль, вошел в историю астрономии XX столетия как один из создателей теории расширяющейся Вселенной. Любопытно, что к этой же теории имеет непосредственное отношение один из выдающихся научных результатов Б. Б. Голицына. В 1908 году в серии прецизионных экспериментов он на более высоком уровне точности повторил эксперименты, выполненные в 1900 году астрономом Аристархом Аполлоновичем Белопольским. В этих опытах Б. Б. Голицын совместно с И. Вилипом подтвердил эффект Доплера для случая световых волн (напомним, что этот эффект упоминает Голицын, когда сравнивает изучение космоса с исследованием Земли). И именно эффект Доплера использовал американский астроном Эдвин Хаббл, открывший явление разбегания галактик. Закон Хаббла стал одним из



Александр Григорьевич
Столетов

основных аргументов в пользу теории расширяющейся Вселенной.

Путь Б. Б. Голицына в науку был непростым. Выпускник Морской академии, он увлекся физикой, вышел в отставку и поступил в Страсбургский университет, где ему повезло учиться у выдающегося немецкого физика-экспериментатора, создателя научной школы А. Кундта. В Страсбурге Голицын оказался из-за специфических российских законов, согласно которым поступать в российские университеты могли только выпускники классических гимназий. Голицын же был «всего лишь» выпускником Николаевской морской академии. Получив

по окончании Страсбургского университета научную степень, он столкнулся с необходимостью повторно защищать диссертацию в России — этого требовало отечественное законодательство. И в 1893 году приват-доцент Московского университета Б. Б. Голицын представил в качестве магистерской диссертации опубликованные им статьи под общим названием «Исследования по математической физике. Часть I: Общие свойства диэлектриков с точки зрения механической теории теплоты. Часть II: О лучистой энергии». Один из ведущих российских физиков профессор Московского университета Александр Григорьевич Столетов с некоторыми выводами диссертанта категорически не соглашался. Так, по мнению А. Г. Столетова, Голицын совершенно неправомерно использовал понятие температуры применительно к электромагнитному эфиру.

Диссертация Б. Б. Голицына к защите допущена не была. После этой истории несостоявшийся диссертант оставляет Москву и уезжает в Юрьевский университет (г. Юрьев — ныне эстонский г. Тарту). На границах империи законы соблюдались не столь строго, и выпускника Страсбургского университета зачислили на должность профессора. Однако уже по завершении семестра, в декабре 1893 года, Б. Б. Голицын покидает Юрьев и избирается на вакантную должность адъюнкта Императорской академии наук в Санкт-Петербурге. Избрание Б. Б. Голицына, совсем молодого физика, на эту весьма престижную должность состоялось исключительно благодаря вмешательству президента Академии наук великого князя Константина Константиновича. Одновременно в члены Академии наук баллотируется профессор Столетов, однако к участию в выборах он не допускается. И в этом случае вмешательство

президента также было определяющим. Комментируя эту некрасивую историю, А. Г. Столетов писал одному из своих коллег: «Хороши академии, хороши порядки, хороша вся эта интрига, теперь обнаружившаяся во всей ее красоте! Очевидно, меня сумели очернить президенту как нечто невозможное... а почтенный ареопаг — как прикажете: сегодня все за меня, завтра все (за исключением одного из пяти) — против!»

В эпоху СССР этот драматичный сюжет истории отечественной науки комментировался вполне предсказуемо: «социально близкого» князя Голицына власть-де предпочла выдающемуся, но не родовитому ученому Столетову. В действительности эта неблагоприятная интрига основывалась на личных симпатиях князя Б. Б. Голицына и великого князя К. К. Романова. За пять лет до описываемых событий, в 1888 году, в свое первое заграничное плавание отправился фрегат «Герцог Эдинбургский». Великий князь Константин Константинович служил на фрегате вахтенным мичманом, а гардемаринном на тот же фрегат был назначен князь Б. Б. Голицын. Долгое плавание стало началом дружбы двух молодых людей. К тому же родословная князей Голицыных не уступала родословной августейшей фамилии, и в этом смысле феномен «социальной близости» также сыграл свою роль.

Любопытно, что в истории с диссертацией прав в итоге оказался Голицын, и вскоре физики стали использовать температуру как характеристику электромагнитного излучения.

Впрочем, профессор Столетов, судя по всему, не до конца был уверен в собственной правоте... В его архиве нашлись письма, в которых Столетов описывает конфликт, излагая и свою точку зрения и соображения Голицына. Письма были адресованы крупнейшим физикам позапрошлого столетия Людвигу Больцману, Герману Гельмгольцу и Уильяму Томсону (лорду Кельвину). Уильям Томсон был единственным, кто безусловно поддержал Столетова. И Гельмгольц, и Больцман заняли нейтральную позицию.

Этот драматичный эпизод нельзя рассматривать вне контекста тех перемен, которые происходили в конце XIX века в российском высшем образовании. В деятельности отечественных университетов существенно возрастала роль научно-исследовательской работы; тем самым они развивались в том направлении, которое уже несколько десятилетий определяло развитие университетов Германии (напомним, что Б. Б. Голицын окончил немецкий университет). По оценке историка науки Анастасии Корзухиной, российская физика рубежа веков занимала, если ориентироваться на количество научных публикаций, пятое место в Европе (уровень Италии). Общее число работающих в России физиков составляло без малого 100 человек.

Выдающийся российский и советский кораблестроитель и математик академик А. Н. Крылов так описывает историю с диссертацией Б. Б. Голицына: «Возгорелась полемика, в которой обе стороны проявили страстность, доставлявшую, наверно, им обоим впоследствии горькие минуты». Что же касается академической истории, то А. Н. Крылов не скрывает негативной реакции научного сообщества: «Избрание Бориса Борисовича в Академию наук не было встречено сочувственно в широких кругах русского ученого мира, и первые его работы подвергались жестокой критике».

В итоге же дружба князя Б. Б. Голицына и великого князя К. К. Романова весьма благоприятно сказалась на развитии российской науки. Научные заслуги основоположника отечественной сейсмологии Бориса Борисовича Голицына получили высокую оценку коллег и в России и за ее пределами: в 1908 году Б. Б. Голицын избирается действительным членом Императорской академии наук, а в 1916, как было сказано выше, действительным членом Лондонского королевского общества. Вдобавок ко всему Борис Борисович Голицын оказался весьма успешным менеджером как в сфере научных исследований, так и на государственной службе. Как адъютант Академии наук, он руководит физическим кабинетом академии, расширяя при этом сферу его деятельности. А в 1899 году Б. Б. Голицына назначают управляющим Экспедиции заготовления государственных бумаг (нынешняя фабрика Гознак). Инициатором этого назначения был известный российский политический деятель С. Ю. Витте. Занимая высокую должность вплоть до 1905 года, князь Голицын перестроил работу экспедиции, установил и внедрил в производство новейшее для того времени оборудование. При Голицыне деятельность экспедиции заготовления государственных бумаг отличалась социальной направленностью: на высококачественной бумаге и с иллюстрациями лучших художников экспедицией были изданы произведения русской классики. При всем том главным делом жизни Бориса Борисовича Голицына была, конечно же, сейсмология, именно его усилия превратили ее из полуэмпирической дисциплины в самостоятельное научное направление, активно использующее достижения физики.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 10 за 2012 год.*

ГЕОРГИЙ ВИКТОРОВИЧ ВУЛЬФ

...Теперь совершенно ясна связь всего явления с решеткой кристалла, т. е. по рентгенограммам какого угодно бесформенного обломка кристалла можно установить его решетку.

Из письма Г. В. Вульфа В. И. Вернадскому

Будущий член-корреспондент Российской академии наук Георгий (Юрий) Викторович Вульф родился 10 июня 1863 года в семье директора гимназии. Год его рождения отмечен важным событием в истории российского высшего образования — принятием нового устава императорских российских университетов. Устав, в частности, вводил в отечественных университетах должность приват-доцента; университеты также получили право создавать научные общества; предусматривалось открытие в ряде университетов современных физических лабораторий. А за год до принятия устава было принято решение о программе длительных стажировок для выпускников университетов в ведущих университетских центрах Европы. Фактически, реформа была направлена на перемещение научных исследований из Академии наук в университеты.

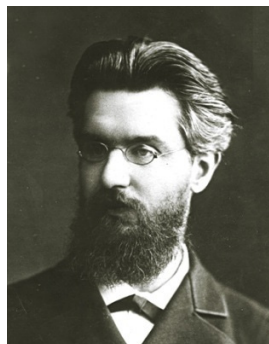
Детство и юность Георгия Вульфа прошли в Варшаве. В 1881 году Вульф поступает в Варшавский университет, выбрав естественное отделение физико-математического факультета. Уже на втором курсе Вульф под руководством двух профессоров — минеролога А. Е. Лагорио и физика Н. Г. Егорова — начинает самостоятельные научные ис-



Георгий Викторович
Вульф



Александр Евгеньевич
Лагорио



Николай Григорьевич
Егоров

следования. На тот момент заведующий кафедрой физики профессор Н. Г. Егоров уже был известен исследованиями спектров поглощения в атмосфере Земли. После Варшавского университета Н. Г. Егоров работал профессором физики Военно-медицинской академии в Санкт-Петербурге, организовал в Академии физическую лабораторию и оказался первым в России, кому удалось повторить опыты Рентгена. Вполне естественно, что среди отечественных физиков именно Егоров начал работу по применению рентгеновского излучения в медицине.

Под руководством Н. Г. Егорова Вульф изучает пирозлектричество и, в частности, выясняет природу электризации кристаллов кварца в процессе нагрева. Оказалось, что причиной ее является пьезоэлектрический эффект. Это исследование Георгия Вульфа было награждено золотой медалью, его опубликовал «Журнал Русского физико-химического общества».

В 1885 году, по окончании университета, Георгия Вульфа, следуя рекомендации профессора А. Е. Лагорио, оставили при кафедре минералогии «для подготовки к профессорскому званию», одновременно зачислив ассистентом на кафедру физики. К тому времени кафедрой руководил профессор П. А. Зилов — ученик выдающегося отечественного физика А. Г. Столетова. Свою зарубежную стажировку П. А. Зилов прошел в лаборатории Г. Гельмгольца. Известность в научном сообществе ему принесли эксперименты по проверке соотношения $n = \sqrt{\epsilon}$, где n — оптический показатель преломления среды, а ϵ — ее диэлектрическая проницаемость. Это соотношение следовало из теории электромагнитного поля Максвелла, который ссылался на эксперименты Зилова, подтверждавшие справедливость формулы для показателя преломления. Под руководством Зилова Вульф изучал оптические свойства кристаллов.



Петр Алексеевич Зилов

Имея возможность выбирать маршрут заграничной стажировки, Вульф останавливается на университетах Мюнхена и Парижа. Весь 1889-й и часть 1890 года он работает в Мюнхенском университете под руководством известного кристаллографа профессора П. Грота; соответствующие исследования стали впоследствии основой его магистерской диссертации. В 1890 и 1891 году Вульф работает в знаменитой Политехнической школе (École Polytechnique), в лаборатории академика М.-А. Корню. Тема его исследований — свойства упругих тел, в первую очередь стекла.

Вернувшись в Варшаву, Вульф завершает свою магистерскую диссертацию и после успешной защиты начинает в качестве приват-доцента читать лекции по минералогии и кристаллографии. А уже в конце 1895 года Георгий Вульф представляет в Совет физико-математического факультета свою докторскую



Варшавский университет

диссертацию. Главные результаты этой работы были еще до защиты опубликованы в «Варшавских университетских известиях». Вульфу удалось сформулировать закономерности роста граней кристаллов и выразить их в положении, известном в отечественной кристаллографии как «принцип Кюри — Вульфа». Однако уже в январе 1896 года он отказывается от защиты в Варшаве, забирает свою диссертацию и передает ее в Новороссийский университет в Одессе. Установить истинные причины происшедшего достаточно сложно. В 1926 году в некрологе Вульфа его ученик профессор В. В. Флинт связал эти события с недостаточным объемом диссертации (120 страниц). Иначе оценили ситуацию известные российские естествоиспытатели академики А. П. Карпинский, В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман и А. Ф. Иоффе. Представляя Вульфа в 1921 году к избранию членом-корреспондентом Российской академии наук, они упоминают его работы 90-х годов XIX века, обнаруживая в них «попытки, тогда казавшиеся столь необычными, внести в область кристаллографии методы точных физических измерений». По поводу докторской диссертации авторы представления пишут, что она «только через 10—15 лет могла быть оценена по достоинству, когда новые идеи кристаллографии сделались общепринятыми».

С момента окончания работы над диссертацией проходит почти год. В декабре 1896 года Вульф успешно защищает ее в Одессе и становится доктором минералогии и геогнозии. После чего уезжает в Казань и зачисляется на должность экстраординарного профессора кафедры минералогии и кристаллографии Императорского Казанского университета. Вскоре у него появляется возможность вернуться в alma mater: его учителя профессора А. Е. Лагорио назначают директором Варшавского политехнического института, должность заведующего кафедрой минералогии становится вакантной и Вульф в начале 1899 года назначается на эту кафедру ординарным профессором.

Одной из проблем Варшавского университета были взаимоотношения студентов и профессоров. Родным языком подавляющего большин-

ства студентов был польский, а преподавание в университете велось на русском языке. Студенты, естественно, были сторонниками полонизации университета, и их активность резко выросла в период первой русской революции 1905—1907 годов. Профессор кристаллографии и минералогии Георгий Вульф был одним из немногих преподавателей, поддержавших требования студентов. Свои либерально-демократические взгляды профессор Вульф не считал нужным скрывать и изложил их в двух статьях, опубликованных газетами «Сын Отечества» и «Наша жизнь» в 1905 и 1906 годах. Позиция Вульфа вызвала резкое неприятие и у многих его коллег, и у университетского руководства.

В 1906 году в связи со студенческими волнениями правительство временно приостановило занятия в Варшавском университете, и Вульф уезжает в Женеву, где в тот момент жила его семья. Когда осенью 1908 года возобновились занятия, Вульф, невзирая на неприязнь коллег и академического начальства, решает вернуться в Варшаву. Осенью 1908 года стаж его работы в университете достигал 20 лет, и он приобрел право на отставку и профессорскую пенсию. По завершении осеннего семестра профессор Вульф окончательно покидает Варшаву. Получив приглашение В. И. Вернадского, он переезжает в Москву и зачисляется на должность приват-доцента кафедры минералогии Московского университета. Пользуясь поддержкой В. И. Вернадского, Вульф открывает на территории Минералогического института собственную кристаллографическую лабораторию.

После реформы университетского образования в России профессорам было вменено в обязанность вести активную научную работу, и в Московском университете это положение реализовывалось весьма активно. В целом в конце XIX — начале XX века отечественное университетское образование эволюционировало «от просвещения к науке» и, как замечает историк науки Анастасия Корзукина, в этом процессе Санкт-Петербургский университет явно проигрывал Московскому. Научная работа велась там существенно менее активно, нежели в Москве. При этом московские профессора-физики были склонны публиковать свои статьи в зарубежных журналах, в то время как их санкт-петербургские коллеги предпочитали печататься на русском языке.

В Московском университете Вульфу пришлось работать недолго. В 1911 году в результате «дела Кассо» большая группа профессоров и приват-доцентов Московского университета (более четверти общего состава) ушла в отставку. Они сделали это, протестуя против действий властей, которые в ответ на студенческие волнения ввели подразделения полиции на территорию университета, что нарушало университетский устав, а также против увольнения министром просвещения Л. А. Кассо

ректора университета и двух проректоров. Privat-доцент Георгий Вульф в силу своего характера и убеждений оказался в числе ушедших в отставку. Профессора, лишившиеся работы, разработали проект независимого от государства научного учреждения и назвали его Вольной академией. Это движение привело к организации в апреле 1912 года частного «Общества Московского научного института в память 19 февраля 1861 года» (недвусмысленный намек на декрет об отмене крепостного права). Свою цель это общество видело в «создании независимого центра российской науки, организации, аналогичной Королевскому институту в Лондоне» (А. Корзухина). Именно усилиями «Общества Московского научного института» был торжественно открыт в первый день нового, 1917 года Физический институт (впоследствии выросший в Физический институт АН СССР им. П. Н. Лебедева).



Московский городской народный университет им. А. Л. Шанявского

В Москве к тому времени успешно функционировали две независимые от государства научно-просветительские организации. С 1908 года работал Московский городской народный университет им. А. Л. Шанявского, а с 1909-го — «Общество содействия успехам опытных наук им. Х. С. Леденцова». В их наименовании была увековечена память людей, завещавших свои состояния на благо и развитие отечественной науки и образования: генерала А. Л. Шанявского и купца и промышленника Х. С. Леденцова. До своей национализации в 1918 году Леденцовское общество поддержало, в частности, работы И. П. Павлова, Н. Е. Жуковского и В. И. Вернадского. Именно на средства этого общества университет им. Шанявского открыл физическую лабораторию для знаменитого физика П. Н. Лебедева, также подавшего в отставку в связи с «делом Кассо». В университет Шанявского была перенесена и лаборатория Георгия Вульфа. Как вспоминает Вульф в автобиографии, на приобретение приборов и материалов он тратил весь свой университетский заработок. В этой лаборатории Георгий Вульф и выполнил в 1912 году прославившую его работу по анализу рентгенограмм кристаллов.

К тому времени исследование кристаллов с помощью рентгеновских лучей уже несколько лет было для физиков одним из главных в «повестке дня». Согласно данным кристаллографов, период кристаллической решетки составлял величину порядка 10^{-8} см. В то же время опыты по дифракции рентгеновских лучей позволяли оценить длину волны рент-

геновского излучения — порядка 10^{-9} см. Основываясь на этих данных, профессор Мюнхенского университета Макс Лауэ предложил Вальтеру Фридриху и Паулю Книппингу экспериментально проверить возможность использования кристалла в качестве дифракционной решетки для рентгеновских лучей. Такие эксперименты были поставлены, а соответствующие статьи за подписью трех авторов были опубликованы в журнале «Мюнхенские известия» 8 июня и 6 июля 1912 года. В статьях были представлены первые «лауэграммы» — рентгеновские пластинки, зарегистрировавшие прошедшие через кристалл рентгеновские лучи.

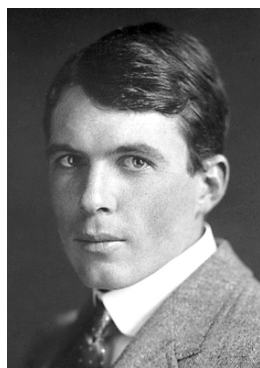
Статья Георгия Вульфа «О рентгенограммах кристаллов» с анализом данных Лауэ, Фридриха и Книппинга была опубликована в 1913 году в журнале «Physikalische Zeitschrift». Именно в этой статье впервые использовалось широко употребляемое впоследствии словосочетание «рентгенограмма кристалла». В статье выводилось аналитическое соотношение, связывавшее внутреннее устройство кристалла с характеристиками его рентгенограмм. Статья Вульфа была зарегистрирована в редакции «Physikalische Zeitschrift» 3 февраля 1913 года. А 11 ноября 1912 года статья аналогичного содержания поступила в другой научный журнал — «Proceedings of Cambridge Philosophical Society». Статью написал кембриджский физик Уильям Лоренс Брэгг, и в ней было в явном виде представлено уравнение, аналогичное соотношению, полученному Вульфом, и вошедшее в отечественные учебники физики как формула Брэгга — Вульфа:

$$2d \sin \theta = n\lambda,$$

где d — период кристаллической решетки, λ — длина волны рентгеновского излучения, θ — угол, под которым на рентгенограмме наблюдается максимум, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ и т. д.

Заметим, что Вульф не успел прочитать статью Брэгга и получил свое соотношение независимо от него. Формула позволяла определять длину волны рентгеновского излучения по периоду кристаллической решетки и характеристикам рентгенограммы кристалла. Либо, если известна длина волны, определять период решетки. Фактически это было началом новой науки — рентгеновской кристаллографии. Одним из первых открытий, сделанных с помощью формулы Брэгга — Вульфа, стало выяснение структуры кристалла соли. Оказалось, что узлами ее кристаллической решетки являются не молекулы, а ионы атомов натрия и хлора. «За заслуги в исследовании структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей» У. Л. Брэггу (вместе с его отцом, Уильямом Генри Брэггом) была присуждена в 1915 году Нобелевская премия по физике. В отличие от У. Л. Брэгга Георгий Вульф не стал нобелевским

лауреатом; в то же время его исследование (выполненное независимо от Брэгга и практически одновременно) историки считают одним из немногих достижений европейского уровня, полученных отечественными физиками в досоветский период. Возникает вполне естественный вопрос: почему вклад Вульфа не признан за пределами России? Подобные ситуации связаны обычно с тем, что свои статьи наши ученые публиковали исключительно в отечественных изданиях на русском языке, которые за пределами России мало кто читал. В данном случае такое объяснение не подходит: Георгий Вульф



Уильям Лоренс Брэгг

был интегрирован в европейское научное сообщество, лично знаком со многими европейскими физиками и состоял с ними в регулярной переписке. К тому же он не ограничивался публикацией статей и сообщал о своих работах в письмах Лауэ, Брэггу и Зоммерфельду (в институте Фридрих и Книппинг проводили свои опыты). Однозначного ответа на этот вопрос нет. Возможно, дело в том, что предложенный Брэггом вывод формулы был более ясным с физической точки зрения, в нем отчетливо просматривалась аналогия с оптикой. Рассуждения Вульфа были ближе к кристаллографии, предложенный им вывод формулы основывался скорее на геометрических соображениях и понять его современному читателю весьма непросто. Что не отменяет важности полученного им выдающегося результата.

Во время начавшейся в 1914 году Первой мировой войны Георгий Вульф организует производство экранов для рентгеновских установок. В 1917 году он возвращается в Московский университет, в 1918-м становится профессором, а в 1921 году избирается членом-корреспондентом Российской академии наук. Как председатель «Общества распространения физических наук им. Н. А. Умова», он активно (насколько это было возможно в те тяжелые годы) занимается просветительской работой. А в последние годы жизни Георгий Вульф вместе со своей женой Верой проводит много времени в Тарусе. Дом, в котором они жили, принадлежал ранее художнику Борисову-Мусатову, и, чтя его память, Вульфы организуют в доме музей. Скончался Георгий Викторович Вульф 25 декабря 1925 года.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 10 за 2013 год.*

ПОЛЬ ЛАНЖЕВЕН

Для человека, посвятившего свою жизнь науке, Поль Ланжевен родился в удачное время (23 января 1872 года) и в удачном месте (г. Париж). Третья четверть позапрошлого столетия была эпохой интен-



Поль Ланжевен

сивного развития физики, а Париж — столицей Франции, одной из ведущих научных держав XIX века. В 1897 году Ланжевен оканчивает Нормальную школу (Ecole Normale) и получает диплом преподавателя физических наук. Заметим, что в Нормальную школу Ланжевен поступал уже будучи дипломированным инженером — выпускником Парижской городской индустриальной школы физики и химии (Ecole de Physique et de Chimie Industrielles de la ville de Paris). Однако для будущего исследователя во Франции того времени крайне желательно было окончить именно Ecole Normale. Хотя обучение в Индустриальной школе и задержало для Ланжевена начало полноценной научной карьеры, но оказалось весьма полезным для самой карьеры. В такой же ситуации находился примерно в то же время выпускник Цюрихского политехникума и эксперт патентного бюро Альберт Эйнштейн. И Ланжевену и Эйнштейну их инженерное образование помогло (согласно их собственным воспоминаниям) сохранить свободу мышления — что было особенно важно, поскольку начало их научной деятельности совпало с фактическим началом научной революции в физике. Только что — в 1895 году — немецкий физик Вильгельм Рентген открыл свои знаменитые X-лучи. А спустя год француз Анри Беккерель, изучая флюоресценцию урановой соли, обнаружил еще одно невидимое излучение — радиоактивное.

Дружба и сотрудничество Ланжевена с супругами Кюри, прославившимися своими опытами с радиоактивными веществами, еще в будущем... Пока же, следуя рекомендации Пьера Кюри, Парижский муниципалитет предоставляет Ланжевену стипендию для стажировки в Кембридже, в Кавендишской лаборатории. Там под руководством знаменитого Дж. Дж. Томсона Ланжевен выполнит свои первые научные исследования. С газовым разрядом, в изучении которого специализировалась Кавендишская лаборатория, Ланжевен уже знаком, поскольку Жан Перрен, его преподаватель в Нормальной школе, был крупнейшим во Франции специалистом в этом вопросе. Среди прочих

явлений, наблюдавшихся в газоразрядной трубке, наибольший интерес вызывало исходящее из катода трубки излучение непонятной природы — так называемые катодные лучи. В итоге катодные лучи оказались потоком отрицательно заряженных частиц (знак заряда определил Жан Перрен). Было установлено, что те же самые частицы входят в состав радиоактивного излучения. Эти факты стали ключевыми в формировании представления об электроны как одной из составных частей атома.



Пьер и Мария Кюри

В 1902 году Ланжевен защитил диссертацию по физике ионизированных газов, завершив начатые в Кембридже исследования. Через несколько недель после защиты он получает назначение на должность лектора по физике в Коллеж де Франс. Статус преподавателя этого престижного учебного заведения был весьма высоким, и Ланжевен, таким образом, становится представителем парижского научного истеблишмента.

В 1905 году Поль Ланжевен выполняет исследование, ставшее самым известным в его научном наследии. Интересуясь физикой магнитных явлений, он обращает внимание на закон Кюри — установленную в 1895 году Пьером Кюри зависимость магнитной восприимчивости парамагнетика от температуры. Согласно этому закону, магнитная восприимчивость парамагнетика меняется обратно пропорционально его абсолютной температуре. Используя для описания магнитных явлений методы статистической физики — ничего подобного до него никто не делал — Ланжевен выводит закон Кюри «на бумаге». В своем выводе он также использует относящуюся еще к 1820 году гипотезу Ампера о существовании внутримолекулярных токов. Принимая эту гипотезу, мы фактически допускаем наличие у каждой молекулы собственного магнитного момента. В ланжевенской модели парамагнетика в отсутствие внешнего магнитного поля суммарный магнитный момент всех молекул вследствие их хаотического теплового движения обращается в ноль. При помещении же парамагнитного образца во внешнее магнит-

ное поле магнитные моменты отдельных молекул стремятся выстроиться «вдоль поля», причем тепловое движение молекул такому выстраиванию противодействует. Конкуренция между упорядочивающим эффектом присутствия магнитного поля и разупорядочивающим эффектом теплового движения как раз и определяет зависимость магнитной восприимчивости от температуры. При описании теплового движения молекул Ланжевен пользуется распределением Максвелла — Больцмана для молекул идеального газа, находящихся во внешнем поле, полагая энергию молекулы с магнитным моментом \mathbf{M} в магнитном поле индукции \mathbf{B} равной

$$-\mathbf{MB} \cos \alpha,$$

где α — угол между магнитным моментом и направлением индукции магнитного поля.

Результат, полученный Ланжевенем, был весьма важен для развития физики: его работа продемонстрировала эффективность понятий и методов статистической физики за пределами ее традиционной сферы применения — физики газов. Вскоре голландский физик Петер Дебай с успехом использовал подход Ланжевена для расчета температурной зависимости диэлектрической восприимчивости у диэлектриков. Кроме того, работа Ланжевена воспринималась как несомненное свидетельство плодотворности гипотезы Ампера о существовании внутримолекулярных токов. Вскоре в образе протекающего внутри молекулы замкнутого тока физики увидели аргумент в поддержку знаменитых постулатов Нильса Бора и его модели водородоподобного атома. Напомним, что, согласно этим постулатам, электроны в атоме могут находиться только на определенных стационарных орбитах.

В истории физики XX столетия имя Ланжевена широко известно его исследованиями ультразвука. В период Первой мировой войны совместно с К. В. Шиловским он конструирует первый в мире ультразвуковой гидролокатор для обнаружения немецких подводных лодок. Предыстория их сотрудничества связана с поступившей во французское правительство в декабре 1914 года запиской «О возможности видения под водой». Ее автором был политический эмигрант из России Константин Шиловский. Активность немецких подводных лодок гарантировала быстрое рассмотрение записки в комиссии по изобретениям, и Шиловский был приглашен во Францию. Вскоре в Индустриальной школе физики и химии началась его совместная работа с Полем Ланжевенем.

Именно решение Ланжевена использовать для генерации ультразвука пьезоэлектрический эффект¹, а в качестве пьезоэлектрика — кри-

¹ Пьезоэлектрический эффект — эффект возникновения поляризации в диэлектрике при его деформации; открыт братьями Пьером и Жаком Кюри в 1880 году.

сталл кварца обеспечило успех работы. В 1916 году Ланжевену и Шилловскому удалось зафиксировать ультразвуковую волну, отраженную листом металла, удаленным на 60 метров от генератора. К концу Первой мировой войны разработанная Ланжевенем и его русским соавтором методика позволяла определять по времени запаздывания отраженной ультразвуковой волны глубину моря недалеко от берега. Подводную лодку удавалось обнаруживать на глубине 1500 м. А после Первой мировой войны ультразвуковые локаторы были установлены на французских океанских лайнерах, начиная с лайнера «Иль де Франс».

Знаменитый американский физик-изобретатель Роберт Вуд вспоминает об опытах Ланжевена времен Первой мировой войны: «В Тулоне я наблюдал множество экспериментов с использованием мощных генераторов. Один из них был смонтирован в заполненном морской водой большом деревянном бассейне. Когда направленный пучок ультразвуковых волн пересекал бассейн, на его пути образовывались миллионы воздушных пузырьков и погибали небольшие рыбки, случайно оказавшиеся на линии пучка. Если же ваша рука случайно оказывалась в воде недалеко от колеблющейся пластинки ультразвукового генератора, вы немедленно испытывали сильную боль и ощущение разогревающихся костей». В 1926 году Роберт Вуд рассказал об увиденных им опытах Ланжевена американскому финансисту и изобретателю Альфреду Л. Лумису. Лумис предоставил помещение своего гаража в Нью-Йорке для экспериментов с кварцевым генератором ультразвука. В дальнейшем эти опыты были продолжены в Тукседо-парке в лаборатории, созданной все тем же Лумисом и ставшей впоследствии широко известным в мире центром ультразвуковых исследований.

Имя Ланжевена вписано также и в историю специальной теории относительности, создателем которой является Альберт Эйнштейн. Известно, что признание основных идей этой теории проходило достаточно непросто; важное место в этом процессе занимали авторитетные физики, пропагандировавшие идеи Эйнштейна у себя на родине. Во Франции одним из таких «агитаторов» был Ланжевен. Так, в 1910—1911 годах он рассказывал о теории относительности в специальном курсе лекций в Коллеж де Франс. Но Ланжевен был не просто активным сторонником идей Эйнштейна. Еще в 1904 году он предположил, что инертная масса электронов связана с их энергией, а именно, что энергия численно равна массе, умноженной на квадрат скорости света. Собственный вывод этого соотношения — закона эквивалентности массы и энергии, являющегося одним из ключевых соотношений специальной теории относительности Эйнштейна, — Ланжевен представил в курсе лекций, которые читал в Коллеж де Франс. В ходе дискуссии французских ученых о теории относительности, проходившей в 1932 году,

было доказано, что Ланжевен получил формулу связи энергии и массы независимо от Эйнштейна. По словам Эдмона Бауэра, одного из слушателей Ланжевена, он называл это соотношение «фундаментальным законом природы». О том, что связывающее массу и энергию соотношение $E = mc^2$ уже получено, Ланжевен узнал именно от Бауэра, которому было поручено регулярно готовить подборки статей из немецкого журнала «Annalen der Physik». Просматривая подшивку журнала за 1905—1906 годы, Бауэр обнаружил в одной из статей соотношение, связывающую массу и энергию. Автором статьи был никому не известный физик по фамилии Эйнштейн. Ознакомившись со статьей Эйнштейна, Ланжевен сразу же оценил масштаб и самой статьи, и ее автора, и отказался от публикации собственного вывода знаменитой формулы, безоговорочно признавая приоритет Эйнштейна. Впрочем, Эйнштейн отдал ему должное, публично признав, что «Ланжевен построил бы специальную теорию относительности, если бы это не было уже сделано в другом месте, настолько ясно он понимал все существенные положения этой теории».

Было бы, однако, большой ошибкой ограничить рассказ о выдающемся французском физике только лишь его собственными научными достижениями. Не случайно свой биографический очерк о Ланжевене его друг и коллега, знаменитый советский физик и нобелевский лауреат Петр Леонидович Капица назвал «Поль Ланжевен — физик и общественный деятель». Капица, в частности, пишет: «Ланжевен был борцом за прогресс до конца жизни...»

Примером необычайной чувствительности Ланжевена к новым идеям в науке может служить история с молодым физиком Луи де Бройлем, у которого он был научным руководителем. В подготовленной де Бройлем диссертации развивались абсолютно необычные идеи волновой природы материи; согласно де Бройлю, каждому материальному объекту может быть сопоставлена определенная длина волны. Не понимая идеи своего ученика, Ланжевен не отвергает их, интуитивно чувствуя их привлекательность. Он посылает диссертацию де Бройля Эйнштейну, на что тот откликается восторженным письмом: «Работа де Бройля произвела на меня глубокое впечатление; он приподнял уголок великой завесы».



Луи де Бройль

Идеи де Бройля вскоре признает научное общество, и ему присудят Нобелевскую премию по физике.

«Борцом за прогресс» Ланжевен был и в своей активной общественной деятельности, противодействуя ксенофобии, национализму, нарушениям прав человека. Уже в молодости он был активным «дрей-

фусаром» — защитником несправедливо обвиненного в шпионаже капитана Генерального штаба Франции Альфреда Дрейфуса. Осуждение Дрейфуса было явным проявлением несправедливости, за процессом скрывался антисемитизм его организаторов. Ланжевен, как и многие выдающиеся деятели культуры Франции (самым известным был знаменитый писатель Виктор Гюго), занял в этой истории бескомпромиссную позицию. В итоге Дрейфус был оправдан.

В 1920 году Ланжевен председательствует на митинге в защиту французских моряков, осужденных военным трибуналом за отказ участвовать в интервенции против Советской России. В своей речи Ланжевен обращается к президенту Франции с призывом амнистировать моряков. Общественная поддержка помогла морякам, и они действительно были амнистированы, но отношения Ланжевена с представителями военного ведомства были испорчены...

После революции 1917 года Ланжевен активно выступал за восстановление культурных и научных связей с Россией, заметив в одном из выступлений, что «...с точки зрения духовной культуры без России Европа перестанет быть Европой...». В 1924 году Российская академия наук избирает Поля Ланжевена своим иностранным членом-корреспондентом (академиком Французской академии наук он будет избран только в 1934 году, и его общественная активность была одной из причин столь позднего признания его заслуг). В 1928 году он посещает СССР, выступает на заседании Академии наук с докладом об энергии излучения и ее связи с массой. Ланжевен также посетил Харьков и Тбилиси, а в Тбилисском университете выступил с двумя лекциями, одна из которых называлась «Строение атома и происхождение солнечного тепла». Обе лекции были опубликованы в «Известиях Тбилисского университета». В лекции, посвященной энергетике Солнца, Ланжевен говорит о чрезвычайной эффективности процесса превращения водорода в гелий. Этим высказыванием Ланжевен далеко опережает свое время, предвосхищая открытие механизма энерговыделения на Солнце.

В первые десятилетия XX века набирает силу фашизм — новое политическое движение. Обеспокоенный этим, Ланжевен вместе со знаменитыми писателями Анри Барбюсом и Роменом Ролланом становится сопредседателем Всемирного антифашистского комитета. Он поддерживает Испанскую республику, выступает на митингах Народного фронта во Франции. После оккупации Франции нацистской Германией Ланжевена арестовывают, и несколько месяцев знаменитый ученый проводит в тюрьме. Его зятя, члена Французской коммунистической партии, расстреливают нацисты, а дочь отправляют в концентрационный лагерь (она чудом останется жива и вернется в Париж). Ланжевен в мае 1944 года с чужими документами переходит границу и до освобождения

дения Франции живет в Швейцарии. Возвратившись в Париж, он вновь приступает к работе в Коллеж де Франс и вновь окунается в общественную жизнь: избирается президентом французской Лиги прав человека, а в 1946 году становится председателем общества «Франция — СССР».



Участники V Сольвеевского конгресса по физике (1927 год):

1-й ряд (стоят): Огюст Пиккар, Эмиль Анрио, Пауль Эренфест, Эдуард Герцен, Теофиль де Донде, Эрвин Шрёдингер, Жюль Эмиль Вершафельт, Вольфганг Паули, Вернер Гейзенберг, Ральф Говард Фаулер, Леон Бриллоэн;

2-й ряд: Петер Дебай, Мартин Кнудсен, Уильям Лоренс Брэгг, Хендрик Антони Крамерс, Поль Дирак, Артур Комптон, Луи де Бройль, Макс Борн, Нильс Бор;

3-й ряд: Ирвинг Ленгмюр, Макс Планк, Мария Кюри, Хендрик Лоренц, Альберт Эйнштейн, Поль Ланжевен, Шарль Эжен Гюи, Чарлз Томсон Риз Вильсон, Оуэн Уильямс Ричардсон

Ланжевен умер 19 декабря 1946 года. Его прах торжественно захоронили в Пантеоне — главной усыпальнице Франции.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 1 за 2012 год.*

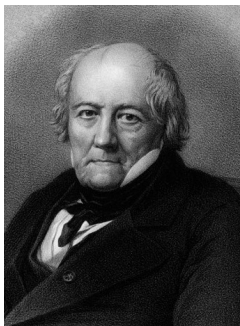
О ЗЕРКАЛЬНЫХ МОЛЕКУЛАХ, ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАГАДКЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ

Как известно, химические свойства вещества определяются не только атомами, из которых состоят молекулы. Эти свойства могут зависеть и от того, как именно эти атомы расположены в пространстве. Молекулы с одинаковой молекулярной массой и одинаковым составом атомов, но различающиеся строением или расположением атомов в пространстве, называются изомерами. В нашей статье речь пойдет об оптических изомерах — молекулах, атомы в которых расположены зеркально-симметричным образом. История изучения таких изомеров начинается с XIX столетия, когда два французских физика открыли новый физический эффект — вращение плоскости поляризации световой волны.

В 1811 году этот эффект обнаружил в кварце Доминик Франсуа Араго. А в 1815 году Жан-Батист Био обнаружил тот же эффект уже в жидкости — в скипидаре. Вещества, «вращающие» плоскость поляризации проходящей через них световой волны, стали называться оптически активными. Физики изучали эффект вращения плоскости поляризации до тех пор, пока Луи Пастер — молодой французский микробиолог — не открыл существование энантиомеров. Выполненная Пастером серия экспериментов показала, что в некоторых случаях оптически неактивные вещества всё же демонстрируют оптическую активность. Оптически активные формы таких веществ носят название энантиомеров и описываются одной и той же химической формулой. В некоторых случаях плоскость поляризации проходящей через слой такого вещества световой волны поворачивается «по», а в некоторых — «против» часовой стрелки (если смотреть вдоль направления распространения



Доминик Франсуа Араго



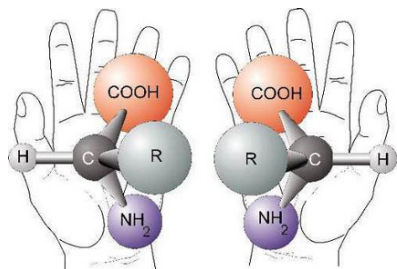
Жан-Батист Био



Луи Пастер

волны). Голландский химик Вант-Гофф исследовал свойства энантиомеров и доказал, что атомы в молекулах таких веществ по-разному размещены в пространстве, причем одно расположение является зеркальным отражением другого. Подобные объекты называются хиральными, и их невозможно совместить никакими перемещениями в пространстве. Самый известный пример хиральных объектов — правая и левая руки.

В случае обычного химического синтеза получается одинаковое количество «правых» и «левых» молекул, а потому синтезируемое вещество не будет обладать оптической активностью. В случае же живых организмов образуются только строго определенные (правые или левые) формы (что и обнаружил Луи Пастер); в связи с этим говорят о хиральности живой материи. К примеру, для аминокислот и углеводов характерна в основном какая-то одна из двух зеркально-симметричных форм, антиподы же у этих форм не образуются. Так, «левыми» формами является большинство аминокислот, образующих белки человеческого организма.

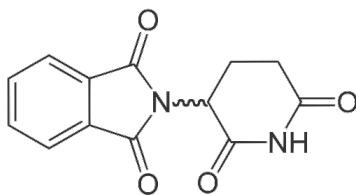


Интересно, что иногда «правые» вещества отличаются от «левых» по вкусовым ощущениям. Примером такого различия может служить аминокислота лейцин: ее правовращающая разновидность сладкая, а левовращающая — горькая. На рисунке изображены хиральные аминокислоты.

Трагическая история, связанная с различием свойств право- и левовращающих молекул, произошла в конце 50-х — начале 60-х годов XX столетия. Фармацевтические компании без должных клинических испытаний выпустили на рынок новое лекарство — талидомид. Оно рекламировалось как высокоэффективное седативное средство, и его активно использовали беременные женщины... В итоге на свет появилось большое количество детей с врожденными уродствами. Было доказано, что непосредственной причиной этого был именно препарат талидомид. Молекула талидомида может существовать в виде право- и левовращающих изомеров, один из которых отвечает за терапевтический эффект лекарства, а другой — за его негативное воздействие на процесс развития зародыша. Ситуация усугубляется тем, что в организме человека изомеры талидомида могут превращаться друг в друга, а потому использование только одного из них не решает проблему.

Весьма образно проблему хиральности описали Георгий Гамов и Мартин Ичас в научно-популярной книге «Мистер Томпкинс внутри самого себя». Заметим, что Георгий (Джордж) Гамов — знаменитый американский физик российского происхождения (и признанный мастер

научно-популярного жанра), один из создателей теории горячей Вселенной и одновременно один из «отцов» молекулярной биологии. Герой книги — интересующийся наукой банковский служащий мистер Томпкинс. Сын Томпкинса, молодой математик Уилфред Томпкинс, рассказывает отцу в этом сне о найденной им в дельте Амазонки «трехмерной воронке Мебиуса». Совершивший специальное путешествие на Амазонку Уилфред обходит эту воронку кругом, в результате чего молекулы в его организме заменились своими зеркальными антиподами. С этого момента организм Уилфреда оказался более не в состоянии перерабатывать белки.

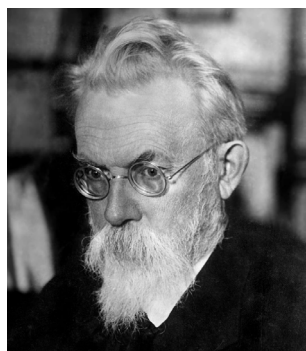


Талидомид (Thalidomide)

Действительно, находящиеся в нем аминокислоты стали «правыми», в то время как белки в обычной земной пище по-прежнему состоят из «левых» аминокислот. При этом Уилфред обнаружил, что проблемы с пищеварением у него отсутствовали, когда он пил водку или, к примеру, ел бутерброды с сыром. В случае водки это было связано с тем, что молекулы этилового спирта не бывают «правыми» или «левыми». В случае сыра это связано с тем, что основным компонентом сыров являются жиры, многие виды которых не обладают оптической активностью. Сам Уилфред считал, что спасти его сможет только возвращение к воронке Мебиуса. Но проводник, сопровождавший его в путешествии, погиб (его организм тоже, по-видимому, пострадал в результате обхода воронки), и положение казалось безвыходным. На этом месте драматического сна мистер Томпкинс проснулся и увидел сына живым и невредимым...

Главным следствием обнаруженной Пастером хиральности живой материи стало осознание того, что проблему происхождения жизни следует решать на молекулярном уровне. Необходимо было понять, каким образом с появившимися на Земле живыми организмами оказался связан только один из двух абсолютно равнозначных способов взаимного расположения атомов в пространстве. На вопрос, который поставил Пастер, — о причине хиральности живой материи — естествознание ищет ответ уже более сотни лет.

Сам Пастер связывал источник хиральности с Космосом и был убежден в космическом характере «дисимметрических сил». Подобные силы, воздействуя на неживую (косную) материю, могли сделать ее молекулы асимметричными. Как считал Пастер, источником таких сил вполне могли быть вариации магнитного поля Земли, вращение Земли вокруг Солнца и т. д. Он пытался обнаружить такие силы экспериментально, но успеха не достиг.



Владимир Иванович
Вернадский

В нашей стране активным сторонником Пастера был знаменитый российский естествоиспытатель Владимир Иванович Вернадский. В 1931 году Ленинградское общество естествоиспытателей заслушало на своем заседании доклад Вернадского «Об условиях появления жизни на Земле», в котором распространность только одной из двух пространственных форм молекул была объявлена фундаментальным признаком живой материи. По словам Вернадского, «в соединениях, связанных с жизнью, преобладает или исключительно существует один антипод». Вернадский, как и Пастер,

был убежден, что данное свойство живого вещества «наведено» на него факторами космического происхождения.

Вполне естественно, что достигнутые в последние десятилетия невероятные успехи в изучении Космоса стали для сторонников «космического» происхождения молекулярной хиральности стимулом к выдвижению новых гипотез ее происхождения. Такие гипотезы, в частности, представил профессор Рональд Бреслоу (Ronald Breslow) из Колумбийского университета на конференции Американского химического общества в апреле 2008 года в Нью-Орлеане. По мнению Бреслоу и его коллег, правые формы аминокислот, изначально присутствовавшие в метеоритах, разрушило электромагнитное излучение круговой поляризации; источником такого излучения были заряженные частицы, ускоренно движущиеся в окрестности нейтронных звезд. Взаимодействуя с атомами, поляризованное по кругу излучение может их разрушить, и в зависимости от того, правая или левая круговая поляризация имеет место, разрушаться будут либо «правые», либо «левые» молекулы. Группе Бреслоу удалось показать, что возникший таким образом дисбаланс аминокислот в пользу «левых» форм — после того как попавшие на Землю метеориты «передали» его Земле — может возрасти за счет некоторых химических реакций. Отметим, что в обнаруженных на Земле метеоритах имеется избыток «левых» аминокислот в пределах от 2 до 18 процентов, причем избыток «правых» не наблюдался никогда.

В то же время само происхождение найденных в метеоритах аминокислот становится иногда предметом отдельной дискуссии. Действительно, мы не можем исключить, что эти аминокислоты оказались на поверхности метеорита не в глубоком Космосе, а при его взаимодействии с атмосферой Земли и с земной поверхностью. Бреслоу же замечает, что в тех аминокислотах, которые изучала его группа, присутствует зна-

чительное количество тяжелых изотопов водорода, углерода и кислорода и что это и говорит об их взеземном происхождении.

У гипотезы Бреслоу о ключевой роли поляризованного по кругу электромагнитного излучения в отборе левых аминокислот имеется предыстория. Еще в 1998 году астрономы университета Нового Южного Уэльса в Сиднее под руководством Джереми Байлея (Jeremy Bailey) изучали туманность Ориона и обнаружили, что некоторые участки туманности (расположенные на расстоянии 1300 световых лет от Земли) буквально залиты электромагнитным излучением инфракрасного диапазона круговой поляризации. Статью об этом открытии опубликовал журнал «Science». Вполне допустимо предположить, что точно такую же поляризацию имеет и ультрафиолетовая часть спектра. Наземные же телескопы по ряду причин регистрируют только его ИК-составляющую.

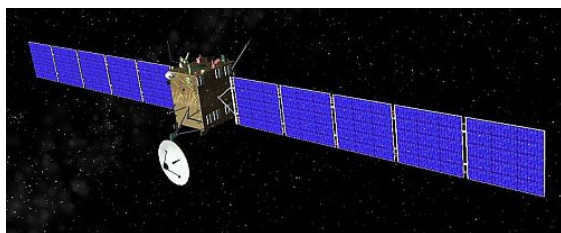
Соответственно в тех участках туманности Ориона, которые исследовали Байлей и его коллеги, должен преобладать только один вид аминокислот: либо «левый», либо «правый». Точно то же самое могло произойти в той области космического пространства, с которой связан процесс образования Солнечной системы. В этом случае асимметрия молекул живого вещества на Земле получает вполне адекватное объяснение.

Допуская возможность указанных выше механизмов отбора левых аминокислот, эксперты, впрочем, полагают возможным и совсем иной характер решения проблемы хиральности. Так, в апреле 2009 года журнал «Science» опубликовал статью Тсунеоми Кавасаки (Tsuneomi Kawasaki) и его коллег — сотрудников Токийского университета наук (Tokyo University of science). В статье японских ученых отмечалось, что атомы углерода, участвующие в формировании молекул органических веществ, нельзя считать абсолютно одинаковыми, так как на каждые сто атомов изотопа углерода ^{12}C приходится один атом более тяжелого изотопа углерода ^{13}C . Авторы считают, что этот фактор может стать решающим для запуска реакции, в ходе которой образуются органические вещества с отчетливой пространственной асимметрией. Такую точку зрения, впрочем, следует признать дискуссионной, поскольку считается, что масса атома не влияет на химические свойства вещества.

Более того, некоторые эксперты считают вполне допустимым и более глобальный вопрос — об иллюзорности самой проблемы хиральности. Действительно ли молекулы с зеркальным расположением атомов полностью идентичны друг другу? Следует, к примеру, иметь в виду, что утверждение о равенстве энергий таких молекул основано на расчетах, учитывающих только электромагнитное взаимодействие. При этом некоторые физики-теоретики, рассчитывая энергию молекул, пытаются учесть также и эфффекты, связанные со слабым взаимодействием.

По некоторым оценкам, в таком случае энергии «левых» и «правых» молекул будут различаться, хотя и крайне незначительно. Если окажется, что эти расчеты верны, то по формальным основаниям мы вообще будем не вправе говорить об идентичности хиральных молекул.

Пока же эксперты с нетерпением ждут данных эксперимента; их надежды связаны с миссией «Розетты» — зонда, запущенного в марте 2004 года в рамках проекта Европейского космического агентства. Главная задача «Розетты» — совершить в 2014 году посадку на комете Чурюмова — Герасименко и отобрать фрагменты ее ледяного ядра¹. Образцы кометного вещества в этом случае уже нельзя будет заподозрить в загрязнении земной атмосферой (как в случае с метеоритами), и в итоге в нашем распоряжении окажутся фрагменты вещества из Солнечной системы эпохи ее молодости. Если исследование кометного вещества покажет, что левых аминокислот больше, чем правых, то мы получим подтверждение гипотезы о ключевом факторе поляризованного по кругу электромагнитного излучения.



Зонд «Розетта»

Французский астробиолог Уве Мейерхерлих, однако, не исключает и совершенно неожиданного результата: «Настоящим открытием станет ситуация, при которой все аминокислоты, обнаруженные в веществе кометы, окажутся правыми». Мейерхерлих не исключает и вариант, при котором в иных планетных системах преобладают не «левые», а «правые» аминокислоты — из-за активного присутствия в таких системах электромагнитного излучения с иной круговой поляризацией. Если бы такие миры были открыты, мы с полным на то основанием могли бы говорить об открытии иной формы жизни.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Химия. Биология. Медицина» № 8 за 2011 год.*

¹ 15 ноября 2014 года заряд батарей на борту спускаемого аппарата «Розетты» был исчерпан и аппарат перешел в режим энергосбережения (все научные приборы и большинство бортовых систем выключились), из-за чего программу исследований завершить не удалось.

ДЬЕРДЬ (ГЕОРГ) ХЕВЕШИ

Историкам науки хорошо известны имена уроженцев маленькой Венгрии: Лео Сцилларда, Юджина Вигнера, Ласло Тиссы, Эдварда Теллера, Дьердя Хевеши, Денеша Габор. Трое из них — Вигнер, Габор и Хевеши — были удостоены высшей награды научного сообщества — Нобелевской премии.

Дьердю Хевеши Нобелевская премия по химии была присуждена в 1944 году (из-за войны это была премия за 1943 год) «за работу по использованию изотопов в качестве меченых атомов при изучении химических процессов». Основная сфера его интересов — меченые атомы — относится одновременно и к радиохимии, и к ядерной физике. Свои главные открытия Хевеши сделал в физических исследовательских центрах: в Манчестерском университете, где он работал под руководством Эрнеста Резерфорда, и в копенгагенском Институте теоретической физики, которым руководил Нильс Бор.



Дьердь Хевеши

Начало

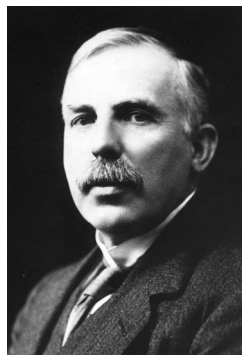
Дьердь (Георг) Хевеши родился 1 августа 1885 года в Будапеште, в семье принявших католичество венгерских евреев. Он был пятым из восьми детей Луиса и Евгении (в девичестве Шлосбергер) де Хевеши. Отец, председатель суда, управитель горнодобывающей компании и нескольких семейных ферм, за свои заслуги перед государством был удостоен дворянского титула. Именно по этой причине в немецких источниках Хевеши обычно упоминается с приставкой «фон».

В 1903 году Дьердь окончил одну из будапештских гимназий, затем год изучал химию в Будапештском университете, после чего начал учиться в Техническом университете Берлина. Через несколько месяцев учебы он заболевает пневмонией, по совету врачей переезжает на юг Германии и уже там, в университете Фрайбурга, завершает свое высшее образование. Во Фрайбурге в 1906 году начинает работать над докторской диссертацией. Защита состоялась в 1908 году; после этого доктор Хевеши два года работает в Цюрихе и занимается исследованиями в области химии. В 1910 году, после нескольких месяцев работы в Высшей технической школе в Карлсруэ, Хевеши выигрывает стипендию для заграничной стажировки и уезжает в Англию.

В качестве места для стажировки он выбрал лабораторию Эрнеста Резерфорда в Манчестерском университете. К тому времени Резерфорд уже сделал выдающиеся открытия в области радиоактивности и в 1908 году стал нобелевским лауреатом по химии за проведенные им исследования в области распада радиоактивных элементов. В Манчестере Хевеши остается на несколько лет. Там, в лаборатории Резерфорда, молодой венгерский химик был признан «своим» в сообществе физиков, занимавшихся проблемами атома и атомного ядра. Именно там началась его многолетняя дружба с Нильсом Бором.

Меченые атомы

В 1912 году Резерфорд получил подарок от австрийского правительства: около ста килограммов хлорида свинца с примесью радиоактивного вещества, именовавшегося радием D.



Эрнест Резерфорд

Резерфорд предложил молодому стажеру из Венгрии выделить из свинца присутствующий там источник радиации. Биограф Бора Даниил Данин пишет: «В обычной для него манере Папа (то есть Резерфорд. — Б. Б.) добавил, что молодому венгру предоставляется случай доказать, стоит ли он съеденной им соли». После года непрерывных экспериментов Хевеши вынужден был признать, что ожиданий Резерфорда не оправдал и радий D из свинца выделить не смог. На этом примере ему, однако, удалось продемонстрировать, что отрицательный результат также является результатом.

Убедившись, что загадочный радий D не удастся отделить от свинца, он использовал его в качестве радиоактивного маркера, позволяющего следить за перемещением молекул свинца. Именно эта идея в конечном счете привела его к Нобелевской премии.

Вскоре Хевеши узнает, что попытки разделить химическим путем радий D и свинец предпринимались также и в Венском институте исследования радия и что они точно так же не увенчались успехом. Хевеши знакомится с австрийским «коллегой по неудаче», ассистентом института Фридрихом Панетом, переезжает в Вену и вместе с Панетом проводит серию экспериментов со свинцом, меченым радием D. Им, в частности, удается определить растворяемость свинца в воде и других растворителях (она оказывается весьма незначительной).

В 1913 году английский химик Фредерик Содди открыл существование изотопов, и загадочная неотделимость свинца и радия D немед-

ленно получила объяснение. Оказалось, что радий D является не самостоятельным химическим элементом, а одним из радиоактивных изотопов свинца. Изотопы одного и того же элемента идентичны в химическом смысле слова, потому-то все попытки выделить радий D из свинца и были обречены на неудачу. После открытия нейтрона (1932 год) и появления протонно-нейтронной модели атомного ядра прояс-



Институт теоретической физики
в Копенгагене

нилась структура атомных ядер изотопов: они содержат разное число нейтронов, но одинаковое число протонов. За химические реакции отвечает электронная оболочка атома, и атомы разных изотопов, обладая одинаковым зарядом ядра и одинаковым числом электронов, оказываются идентичными по своим химическим свойствам.

В Вене Хевеши проработал недолго и в том же 1913 году возвратился в лабораторию Резерфорда. Вскоре он, к тому времени уже известный исследователь, получает приглашение занять постоянную должность в Оксфордском университете. Однако начавшаяся война вынуждает его вернуться в Вену; в 1916 году Хевеши призывают на военную службу. Квалификация и известность в научном мире позволили ему избежать службы в действующей армии. Вместо этого он работает на заводе и занимается технической химией. В конце войны Хевеши назначают директором Физического института Будапештского университета, но тут в его карьеру вновь вмешивается политика. В Венгрии начинается революция, и Хевеши срочно уезжает в Копенгаген.

Местом его новой работы становится Институт теоретической физики, торжественно открытый на родине Нильса Бора 15 сентября 1920 года. Несмотря на название, в институте работали не только теоретики. Как вспоминал позже сам Бор, «для работы вновь созданного института оказалось очень благотворным то, что вскоре после войны к нам присоединился мой старый друг с манчестерских времен Георг Хевеши; в течение более чем двадцати лет, проведенных в Копенгагене, он выполнил там многие из своих хорошо известных физико-химических и биологических исследований, используя метод меченых атомов».

Нильс Бор пишет о двадцати годах, проведенных Хевеши в Копенгагене. На самом деле в 1926 году Хевеши уехал из Дании в Германию и занял должность профессора во Фрайбургском университете.

В 1933 году рейхсканцлером Германии становится Адольф Гитлер, рейхстаг принимает расовые законы, после чего Хевеши вынужден уйти в отставку. В 1934 году он вновь возвращается в Копенгаген и продолжает начатые во Фрайбурге эксперименты. Он экспериментирует с мечеными молекулами, используя в качестве таковых молекулы тяжелой воды (в них место атомов водорода занимали атомы изотопа водорода дейтерия). Гарольд Юри — химик, открывший в 1932 году дейтерий, прислал Хевеши несколько литров обычной воды с повышенным (0,6 %) содержанием тяжелой. Проследивая движение молекул тяжелой воды, отличавшихся по массе от молекул обычной воды, Хевеши удалось измерить обмен молекулами воды между золотой рыбкой и водой в аквариуме. Он также смог экспериментально оценить длительность нахождения воды в человеческом организме. Ближайший сотрудник Нильса Бора Стефан Розенталь, вспоминая об опытах Хевеши, писал впоследствии: «Институт располагал разнообразным ассортиментом подопытных животных, начиная от кроликов и кур и кончая лягушками и собаками; иногда в качестве подопытных объектов приходилось выступать и самим сотрудникам. Однажды Хевеши выпил целый стакан тяжелой воды — этого, несомненно, самого дорогого напитка всех времен и народов».

Дважды награжденный метод

Нобелевская премия была присуждена Хевеши в 1944 году, через три десятка лет после изобретения метода меченых атомов. Почему же так долго этот метод ждал признания со стороны Нобелевского комитета? Потому что без малого два десятилетия метод меченых атомов находился в «спящем состоянии», и причина этого связана с крайне незначительным количеством радиоизотопов натурального происхождения. Биологам же для использования в живых организмах нужны были специфические меченые атомы — такие, излучение которых не наносило бы вред клеткам, представляющие биогенные элементы, в естественной форме входящие в состав организмов. Радиоактивные изотопы соответствующих атомов — атомов углерода, фосфора и азота — появились в распоряжении Хевеши только после открытия искусственной радиоактивности супругами Жолио-Кюри в 1934 году. Именно с этого времени меченые атомы стали широко применяться в медицине и физиологии.

В своей нобелевской лекции Хевеши выделил главное достижение метода меченых атомов: «Наиболее значительным результатом, полученным при исследованиях с применением изотопных индикаторов, является, безусловно, открытие динамического состояния компонентов организма. Молекулы, из которых состоят растения и организмы животных,

постоянно регенерируются». Отслеживая движение радиоизотопов, биологи узнали объем крови в теле человека, скорость миграции различных веществ по организму и т. д. Человеку достаточно выпить глоток соленой воды с добавлением радиоактивного изотопа натрия ^{24}Na , и всего через 2 минуты, используя счетчик Гейгера, можно «увидеть» атомы изотопа в пальце руки, через час они окажутся во всех частях организма, а через три часа изотоп начнет выводиться из организма. Мониторинг движения меченых атомов показал, что атомы, из которых состоит наше тело, постоянно замещаются новыми, поступающими в организм с пищей. Метод, изобретенный Хевеши, позволил с определенностью установить, что на замену всех атомов организма уходит целый год. Всего лишь за один год мы полностью обновляемся, не теряя нашей индивидуальности и целостности.

В истории ядерной физики известно еще одно открытие, имеющее непосредственное отношение к методу меченых атомов. В 1946 году американский физик Уиллард Либби обратил внимание на характер перемещения атомов радиоактивного изотопа углерода ^{14}C . Ядра атомов этого изотопа образуются в верхних слоях атмосферы, соединяются с кислородом и уже в составе атомов углекислого газа попадают в растения, а после растений — в организмы животных и в организм человека. В живом организме в 1 г углерода содержится около 70 миллиардов атомов изотопа углерода ^{14}C . После смерти организма (то есть растения, животного или человека) число этих атомов начинает убывать в соответствии с законом радиоактивного распада.

Это открытие позволяет археологам определять, например, возраст найденных остатков деревянной ложки. Для этого химики должны измерить концентрацию атомов изотопа углерода в ложке. Затем, зная концентрацию атомов в дереве, из которого ложка была изготовлена, и зная закон, по которому убывает со временем число непрерывно распадающихся радиоактивных атомов, специалисты по радиоактивности могут определить возраст ложки. В 1960 году «за введение метода использования углерода-14 для определения возраста в археологии, геологии, геофизике и других областях науки» Уиллард Либби был удостоен Нобелевской премии по химии. По словам болгарского историка науки В. Чолакова, идея меченых атомов была удостоена Нобелевской премии дважды: в лице Хевеши и в лице Либби.

Открытие гафния

В Копенгагене Хевеши совместно со специалистом по рентгеновской спектроскопии голландцем Дирком Костером открыл новый хи-



Дирк Костер

Много лет спустя Хевеши вспомнит об этом периоде своей научной биографии: «В то время ни один из нас не только не предполагал заняться поисками № 72, но мы даже не представляли себе, что этот элемент может быть так распространен и так напоминает цирконий, как это было обнаружено позже».

Дружба с Бором

Напомним, что дружба двух выдающихся ученых началась в лаборатории Резефорда. Биограф Бора Евгений Кляус пишет о Хевеши: «Венгерский аристократ, обаятельный и остроумный собеседник, он неизменно и везде становился душой общества. Он быстро ввел застенчивого и нерасторопного Нильса в круг злободневных вопросов лаборатории, познакомил со всеми членами коллектива». А Даниил Данин замечает: «Вдвоем, со стороны, они выглядели не очень-то совместимой парой. Похожий на столичного скрипача-виртуоза, узколицый мадьяр и большеголовый скандинав, напоминавший пастора-трудягу из отдаленного прихода. Мастер светской беседы и ненаходчивый словоискатель. Но главное: химик-экспериментатор с инженерными наклонностями и физик-теоретик с философическим умонастроением. Что могло их свести? А свело мгновенное взаимопонимание: неожиданный вопрос — неожиданный ответ. И свело надолго — на десятилетия».



Нильс Бор

мический элемент. Сначала при изучении рентгеновских спектров циркониевых минералов были обнаружены его следы. А затем новый элемент был выделен химическим путем и установлены его свойства. В честь древнего наименования Копенгагена, Hafnia, новый элемент получил название «гафний». Статья Хевеши и Костера об открытии гафния была опубликована в журнале «Nature» 20 января 1923 года. А уже к началу февраля Хевеши располагал несколькими граммами препарата, содержащего до 50 % гафния.

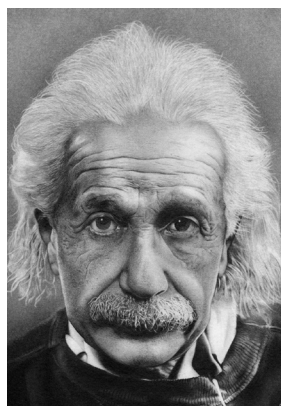
Много лет спустя Хевеши вспомнит об этом периоде своей научной биографии: «В то время ни один из нас не только не предполагал заняться поисками № 72, но мы даже не представляли себе, что этот элемент может быть так распространен и так напоминает цирконий, как это было обнаружено позже».

Много лет спустя Хевеши вспомнит об этом периоде своей научной биографии: «В то время ни один из нас не только не предполагал заняться поисками № 72, но мы даже не представляли себе, что этот элемент может быть так распространен и так напоминает цирконий, как это было обнаружено позже».

Напомним, что дружба двух выдающихся ученых началась в лаборатории Резефорда. Биограф Бора Евгений Кляус пишет о Хевеши: «Венгерский аристократ, обаятельный и остроумный собеседник, он неизменно и везде становился душой общества. Он быстро ввел застенчивого и нерасторопного Нильса в круг злободневных вопросов лаборатории, познакомил со всеми членами коллектива». А Даниил Данин замечает: «Вдвоем, со стороны, они выглядели не очень-то совместимой парой. Похожий на столичного скрипача-виртуоза, узколицый мадьяр и большеголовый скандинав, напоминавший пастора-трудягу из отдаленного прихода. Мастер светской беседы и ненаходчивый словоискатель. Но главное: химик-экспериментатор с инженерными наклонностями и физик-теоретик с философическим умонастроением. Что могло их свести? А свело мгновенное взаимопонимание: неожиданный вопрос — неожиданный ответ. И свело надолго — на десятилетия».

Дружба Бора и Хевеши зафиксирована в их переписке, открывающей детали тех собы-

тий, из которых и складывалась история признания квантовых идей. Оказалось, к примеру, что именно от Хевеши Бор узнал о том, как Эйнштейн относится к квантовой теории атома. Из письма Хевеши Бору: «Когда я спросил его (Эйнштейна. — Б. Б.), что он думает о Вашей теории, он ответил, что это очень интересная и очень важная теория... и что у него много лет тому назад были очень похожие идеи. Но не хватило пороха их развить». Еще один эпизод связан с экспериментами по измерению частот спектральных линий водорода и гелия. По просьбе Бора эти частоты были измерены в лаборатории Резерфорда, в результате чего теория Бора получила экспериментальное подтверждение. Обо всем этом Эйнштейн узнает именно от Хевеши, который немедленно пишет Бору, приводя в своем письме слова Эйнштейна: «Это же колоссальное открытие. Значит, теория Бора должна быть правильной». Хевеши не скрывает своих эмоций: «...Ничто не могло доставить мне большей радости, чем это спонтанное суждение Эйнштейна».



Альберт Эйнштейн

Нельзя не упомянуть и о телеграмме из Копенгагена, полученной Бором в Стокгольме 10 декабря 1922 года. Только что ему была вручена Нобелевская премия по физике «за заслуги в исследовании строения атомов и испускаемого ими излучения». На следующий день, 11 декабря, он должен был прочесть нобелевскую лекцию «Строение атома». Телеграмма имела к лекции самое непосредственное отношение: Хевеши сообщал в ней о том, что ему и химику Костеру удалось доказать сходство элемента № 72 Периодической системы и элемента циркония. Такое сходство предсказывала боровская теория атома, в то время как известные химики были убеждены, что элемент № 72 по свойствам окажется близок редкоземельным металлам. Бор немедленно включил сообщение от Хевеши в текст своей нобелевской лекции...

В 1940 году Дания была оккупирована немецкими войсками. В 1943 году, опасаясь ареста, Нильс Бор бежал в нейтральную Швецию; за ним вскоре последовал его друг Дьердь Хевеши. На полке одной из лабораторий Института теоретической физики Хевеши оставил ничем не примечательную банку с жидкостью. В банке находились растворенные им в царской водке золотые медали нобелевских лауреатов Макса фон Лауэ и Джеймса Франка. В свое время Лауэ и Франк передали медали на сохранение Нильсу Бору, чтобы спасти их от конфискации

нацистами. После войны Хевеши приехал в Копенгаген, выделил золото из раствора и передал его Шведской королевской академии наук. Из спасенного золота были отчеканены новые медали, вернувшиеся к их обладателям.

Хевеши остался жить в Швеции и после окончания войны и работал в университетском колледже Стокгольма до своего ухода на пенсию в 1961 году. Умер Дьердь Хевеши 5 июля 1966 года в возрасте 80 лет от сердечного приступа.

Литература

1. Лауреаты Нобелевской премии : энциклопедия : в 2 т. — Т. 2. — М. : Прогресс, 1992.
2. Данин Д. Нильс Бор. — М. : Молодая гвардия, 1978.
3. Данин Д. Эрнест Резерфорд. — М. : Молодая гвардия, 1966.
4. Кляус Е. М., Франкфурт У. И., Френк А. М. Нильс Бор. — М. : Наука, 1977.
5. Чолаков В. Нобелевские премии. Ученые и открытия. — М. : Мир, 1986.
6. Пономарев Л. И. Под знаком кванта. — М. : Советская Россия, 1984.
7. Нильс Бор : жизнь и творчество : сб. статей. — М. : Наука, 1967.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 8 за 2015 год.*

ЭРВИН ШРЁДИНГЕР

Кто из ученых остается в памяти потомков? В первую очередь те, имена которых мы встречаем на страницах учебников. Так, всем изучающим общую физику в университетах или технических вузах знакомо имя австрийского физика Эрвина Шредингера: без уравнения Шредингера невозможно представить себе раздел физики атома и атомного ядра.

Возможно, впрочем, что настоящую известность Шредингеру принесло не названное в его честь уравнение, а придуманный им мысленный эксперимент с нефизическим названием «кот Шредингера». Так, журнал «Русский репортер» включил недавно «шредингеровского кота» в число десяти главных метафор современной науки.

Страницы биографии

Эрвин Шредингер родился 12 августа 1887 года в Вене, в высокообразованной и обеспеченной семье. Отец владел доставшейся ему по наследству фабрикой по производству клеенки; фабрика приносила устойчивый доход. В то же время много сил и средств Рудольф Шредингер отдавал самостоятельным научным исследованиям, будучи вице-президентом Венского ботанико-зоологического общества. Дедом Эрвина Шредингера со стороны матери был известный химик Александр Бауэр.

В возрасте 11 лет Эрвин поступает в престижное в Вене учебное заведение — Академическую гимназию. Главными предметами в ней были древние языки: латынь и греческий. После окончания гимназии в 1906 году Шредингер поступает в Венский университет. Как считает биограф Шредингера Дитер Хоффман, изучение древних языков способствовало развитию логики и аналитических способностей и помогло Шредингеру легко освоить университетские курсы физики и математики. Его первые научные исследования и докторская диссертация (аналог дипломной работы) относились к области экспериментальной физики. Главной причиной был чрезвычайно высокий авторитет — и среди студентов, и в научном обществе — профессора Венского университета физика-экспериментатора Франца Экснера. В диссертационном исследовании, выполненном



Эрвин Шрёдингер

под руководством Экснера, Шредингер изучал влияние влажности на электропроводность стекла, эбонита и янтаря. После защиты диссертации Шредингер год служит в армии и затем поступает на работу в alma mater на должность ассистента физического практикума. Как сам он позже писал, работа в лаборатории дала ему возможность «своими глазами увидеть, что такое измерение физических величин». Квалификацию молодого ученого быстро оценили в научном сообществе, и уже в 1912 году Шредингер получает престижное предложение подготовить для «Справочника по электричеству и магнетизму» обзорную статью «Диэлектрики». В 1913 году Шредингер изучает радиоактивность атмосферы и атмосферное электричество. Спустя семь лет Австрийская академия наук присуждает ему за эти исследования премию Хайтингера.

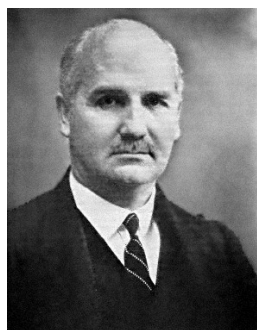
В Первую мировую войну Шредингер был мобилизован в качестве артиллерийского офицера. Он служил на достаточно спокойных участках фронта, а в 1917 году получил назначение на должность преподавателя метеорологии в офицерское училище. По его воспоминаниям, в период службы ему удавалось беспрепятственно заниматься наукой.

С 1921 по 1927 год Шредингер — профессор теоретической физики в престижном Цюрихском университете. Именно там, в швейцарской столице, он выполнил свою самую главную работу — создал волновую механику. В Цюрихе к Шредингеру приходит слава, а вместе с ней приглашение занять освободившуюся после ухода в отставку Макса Планка кафедру физики Берлинского университета. С 1927 года Шредингер заведует кафедрой теоретической физики Берлинского университета. Берлин тех лет был интеллектуальным центром мировой физики, однако после прихода в 1933 году к власти нацистов этот статус он утратил, по-видимому, навсегда. И хотя ни сам Шредингер, ни члены его семьи не попадали под действие принятых нацистами антисемитских законов, тем не менее оставаться в Германии в условиях нацистского режима Шредингер посчитал для себя невозможным. Никаких политических заявлений он, впрочем, не делал, а свой отъезд из Берлина формально связал с уходом в творческий отпуск. Истинные мотивы «творческого отпуска» профессора Шредингера были для власти, однако, вполне очевидны. Сам он, объясняя причину отъезда, говорил впоследствии: «Я терпеть не могу, когда меня донимают политикой».

Ситуации с отъездом на самом деле сильно способствовала миссия Линдемана: после прихода Гитлера к власти и последовавшего увольнения из немецких университетов ученых-евреев английский физик Фредерик Линдеман (впоследствии лорд Черуэлл) специально приехал в Германию и пригласил уволенных ученых продолжить свою работу в Англии. Линдеман встретился и со Шредингером, предложив ему ра-

боту в Оксфордском университете. В октябре 1933 года Шредингер приступает к работе в Оксфорде и через непродолжительное время узнает, что ему и Полю Дираку присуждена Нобелевская премия по физике за 1933 год «в знак признания заслуг в разработке и развитии новых плодотворных формулировок атомной теории». В Великобритании Шредингер остается до 1936 года, затем возвращается на родину и до 1938 года работает профессором физики в Граце. Политика, однако, вновь вторгается в его жизнь; вскоре после аншлюса (присоединения Австрии к нацистской Германии), Шредингер уезжает из Вены и принимает предложение премьер-министра Ирландии переехать в Дублин. Математик по образованию, глава ирландского правительства И. де Валера организует в Дублине Институт высших исследований, одним из первых (и самых известных) сотрудников которого становится нобелевский лауреат Эрвин Шредингер. В Дублине Шредингер остается и после окончания Второй мировой войны и, несмотря на неоднократные приглашения из Вены, возвращается на родину только в 1956 году — после вывода оккупационных войск из страны и заключения Государственного договора (Декларации о независимости Австрии). Ему предоставляется право занять персональную должность профессора Венского университета. В 1957 году он уходит в отставку и поселяется в своем доме в Тироле. Умер Эрвин Шредингер 4 января 1961 года.

Шредингера отличал исключительный уровень гуманитарного образования: он читал на латыни и древнегреческом великие произведения мировой литературы. Он свободно владел английским языком, знал французский, испанский и итальянский языки. Шредингер писал стихи, опубликовал несколько философских исследований, причем его оценка морально-нравственного состояния современного общества была вполне реалистична. Вот что писал Шредингер в 1925 году в трактате «В поисках пути»: «...Западному человечеству угрожает возврат на прежнюю, плохо преодоленную ступень развития: ярко выраженный неограниченный эгоизм поднимает свою оскаленную пасть и с родовой доисторической привычкой заносит неотразимый кулак над рулевым корабля, лишившегося капитана».



Фредерик Линдеман



Имон де Валера

Волновая механика Эрвина Шредингера

В том самом 1913 году, когда Шредингер занимался экспериментальным исследованием радиоактивности атмосферы, в физике произошло



Нильс Бор

исключительно важное событие: в июльском, октябрьском и декабрьском номерах журнала «Philosophical Magazine» были опубликованы три части статьи Нильса Бора «О строении атома и молекул». В этой статье Бор изложил построенную им теорию водородоподобного атома, в основу которой были положены знаменитые «постулаты Бора». С содержательной стороны постулаты противоречили основным положениям классической физики. Действительно, движущийся по стационарной орбите электрон обладал ускорением, а следовательно — в соответствии с законами электродинамики — должен был излучать энергию. Однако согласно постулатам Бора в стационарных состояниях атом энергию не излучает. Никаким законам классической физики не соответствовал также и сам акт излучения, которое, согласно тем же постулатам Бора, происходило только при переходе с более высокого стационарного энергетического уровня на более низкий. Теория Бора не отвечала при этом на вопрос о том, что происходит с атомом в процессе перехода.

Молодой австрийский физик отнесся к революционной теории Бора настороженно. Он был убежденным сторонником отличающей классическую физику наглядности. Историки науки часто цитируют реплику Шредингера: «Я не могу представить себе, что электрон прыгает, как блоха». В своих воспоминаниях Шредингер писал: «К современной теории атома я приближался очень медленно. Ее внутренние противоречия звучат, как пронзительные диссонансы... Было время, когда я прямо-таки готов был обратиться в бегство...»

Путь в квантовой физике Шредингеру помог найти Луи де Бройль. Французский физик в 1924 году защитил диссертацию, в которой развилась идея волновой природы материи. Согласно де Бройлю, каждый материальный объект обладает волновыми свойствами и может характеризоваться определенной длиной волны. Идеи де Бройля высоко оценил сам Альберт Эйнштейн. Именно благодаря этому идея волновой природы материи привлекла внимание Шредингера, и в



Луи де Бройль

Путь в квантовой физике Шредингеру помог найти Луи де Бройль. Французский физик в 1924 году защитил диссертацию, в которой развилась идея волновой природы материи. Согласно де Бройлю, каждый материальный объект обладает волновыми свойствами и может характеризоваться определенной длиной волны. Идеи де Бройля высоко оценил сам Альберт Эйнштейн. Именно благодаря этому идея волновой природы материи привлекла внимание Шредингера, и в

1926 году он опубликовал серию статей, в которых излагает основные положения волновой механики. Основой волновой механики стало знаменитое уравнение Шредингера — дифференциальное уравнение второго порядка, записанное для так называемой волновой функции. В научном сообществе волновую механику встретили с энтузиазмом: появилась возможность решать задачи квантовой физики, обращаясь к обычному для классической физики языку дифференциальных уравнений. Используя уравнение Шредингера, энергетические уровни атома можно было определить точно так же, в привычной для физиков задаче о нахождении спектра частот для колебаний закрепленной струны. Однако оставалась проблема — как следует интерпретировать введенную Шредингером волновую функцию. Сам Шредингер в соответствии с ориентацией на классическую физику придерживался наглядной интерпретации. Он считал, что волновая функция описывает волнообразное распространение отрицательного электрического заряда электрона.

С предложенной Шредингером интерпретацией волновой функции не соглашался Нильс Бор. Одним из его сторонников был Макс Борн, предложивший для волновой функции статистическую интерпретацию. Согласно Борну, квадрат модуля волновой функции определяет вероятность того, что описываемая этой функцией микрочастица находится в данной точке пространства. В итоге статистическая интерпретация Борна стала частью так называемой копенгагенской интерпретации квантовой механики (Нильс Бор жил и работал в Копенгагене), согласно которой неотъемлемой частью квантовой механики были понятия вероятности и индетерминизма. Большинство физиков признало копенгагенскую интерпретацию как наиболее приемлемую. Шредингер, впрочем, оставался до конца своих дней ее непримиримым противником. Как пишет в посвященном Шредингеру очерке Поль Дирак, «воспитанный в традициях классической науки, основанной на полной детерминированности, он не мог мыслить иными категориями».

Накал страстей в дискуссиях о природе квантовой механики показан в часто цитируемом отрывке из воспоминаний Вернера Гейзенберга: «Дискуссия между Бором и Шредингером



Макс Борн

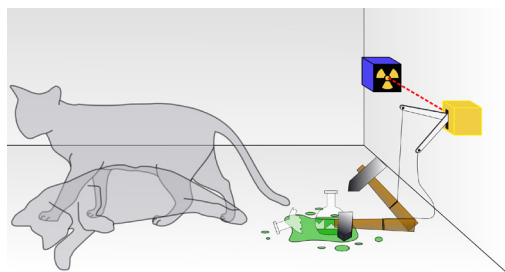


Вернер Гейзенберг

началась уже на вокзале в Копенгагене и продолжалась ежедневно с раннего утра до поздней ночи. Шредингер остановился в доме Бора, так что уже по чисто внешним обстоятельствам в споре не могло быть никакого перерыва... Через несколько дней Шредингер заболел, вероятно, из-за крайнего перенапряжения; жар и простуда заставили его слечь в постель. Фрау Бор ухаживала за ним, приносила чай и сладости, но Нильс Бор сидел на краешке кровати и внушал Шредингеру: “Вы все-таки должны понять, что...”»

Мысленный эксперимент «кот Шредингера»

Чтобы наглядно продемонстрировать уязвимость копенгагенской интерпретации квантовой механики, Шредингер придумал мысленный эксперимент, в котором «действующими лицами» являются как микроскопические объекты — радиоактивные атомы, так и вполне макроскопический объект — живая кошка. Описание эксперимента Шредингер изложил в статье, которую опубликовал в 1935 году журнал «Naturwissenschaften». Суть мысленного эксперимента состоит в следующем. Представим себе закрытый ящик, в котором находится кошка. Кроме кошки в ящике присутствует некоторое количество радиоактивных ядер и сосуд с ядовитым газом. Согласно условиям эксперимента вероятность распада ядра в течение одного часа равна $1/2$. Если ядро распадается, то под действием радиоактивного излучения включается механизм, разбивающий сосуд, газ вытекает из сосуда и кошка умирает. Квантовая механика (если следовать позиции Нильса Бора и его сторонников) утверждает, что, пока радиоактивное ядро никто не наблюдает, мы не можем сказать, распалось оно или не распалось. Но в ситуации рассматриваемого мысленного эксперимента это означает, что, пока ящик не открыт и кошки никто не видит, она и жива и мертва одновременно. Появление кошки — объекта, безусловно, макроскопического является ключевой деталью мысленного эксперимента Эрвина Шредингера.



Мысленный эксперимент «кот Шредингера»

Дело в том, что в отношении атомного ядра, являющегося микроскопическим объектом, Нильс Бор и его сторонники допускают возможность существования смешанного состояния (на языке квантовой механики — суперпозиция двух состояний ядра). Применительно же к кошке понятие смешанного состояния явно неприменимо, поскольку не существует промежуточного состояния между жизнью и смертью. Отсюда логически вытекает, что и атомное ядро должно быть либо распавшимся, либо нераспавшимся. Что, собственно говоря, и противоречит тем утверждениям Нильса Бора (пока радиоактивное ядро никто не наблюдает, мы не можем сказать, распалось оно или не распалось), против которых выступал Шредингер.

В неприятии позиции Нильса Бора Шредингера всегда поддерживал Альберт Эйнштейн. Он, в частности, писал Шредингеру: «Имеется также мистик (Бор), который вообще запрещает как ненаучный вопрос о чем-то, существующем независимо от наблюдателя, т. е. вопрос о том — жива или нет кошка в данный момент, до наблюдения... Как и прежде, я убежден, что эта диковинная ситуация возникает от того, что мы еще не достигли полного описания положения вещей».

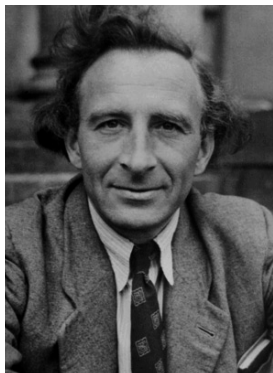
И хотя копенгагенская интерпретация квантовой механики считается общепринятой, знаменитый «кот Шредингера» продолжает оставаться предметом активного обсуждения теоретико-физического сообщества.

Шредингер и биология

Шредингера интересовали в числе прочего вопросы эволюции человеческого глаза. Как известно, в сетчатке существует два типа рецепторов: колбочки и палочки. Палочки отвечают за нецветное сумеречное зрение, колбочки — за восприятие цветов. У палочек чувствительность к свету достигает максимума в области коротких волн, то есть если говорить о видимой части спектра, то в области синего цвета. Согласно Шредингеру, это означает, что палочки эволюционно сформировались существенно раньше, чем колбочки, и вполне возможно, что это произошло, когда жизнь еще не выходила за пределы водной среды. Тогда высокая чувствительность глаза именно к синему цвету объясняется тем, что уже на небольшой глубине под водой у солнечного света возникает зеленовато-голубоватая окраска. Шредингер пишет: «Надо полагать, колбочки достигли наивысшего развития у животных, ведущих дневной образ жизни, в то время как палочки играли особенно важную роль в подводном зрении».

Но главный вклад Шредингера в развитие биологии — это, безусловно, его знаменитая книга «Что такое жизнь с точки зрения физики».

Книга вышла в свет в 1944 году. Основой ее стал курс лекций, прочитанный Шредингером в Дублине зимой 1943 года. Идея такого курса возникла у Шредингера под влиянием статьи о генетических мутациях, причиной которых было рентгеновское и гамма-излучения. Авторами статьи были три биолога: Николай Тимофеев-Ресовский, Макс Дельбрюк и Карл Циммер.



Николай Владимирович
Тимофеев-Ресовский



Макс Людвиг Хеннинг
Дельбрюк



Карл Циммер

«Биологическая» книга знаменитого физика стала весьма популярной в научном сообществе. Известно, в частности, что Морис Уилкинс, награжденный в 1962 году вместе с Джеймсом Уотсоном и Фрэнсисом Криком Нобелевской премией по физиологии и медицине за открытие структуры ДНК, именно под впечатлением от книги Шредингера решил посвятить себя молекулярной биологии. Описывая возможное будущее биологии как науки, Шредингер предполагает, что биологам предстоит открыть в ближайшем будущем новые законы природы и эти законы будут по своей сути детерминистическими. Оказавшаяся ошибочной, эта гипотеза Шредингера остается свидетельством его глубокой неудовлетворенности копенгагенской интерпретацией квантовой механики и его надежды на будущее возрождение детерминизма — если и не в физике, то в биологии.

Шредингер как популяризатор науки

Хорошей иллюстрацией неординарного подхода Шредингера к популяризации науки может служить его доклад «Обусловлено ли естествознание окружающей средой?», прочитанный 18 февраля 1932 года на заседании физико-математического отделения Прусской академии

наук. Под окружающей средой он подразумевает общество, культуру и искусство. Уже в начале автор предлагает отличный от общепринятого ответ на риторический, казалось бы, вопрос: «Правильно ли относить естественные науки к разряду объективных, а гуманитарные — к разряду субъективных?» Мы привыкли отвечать на этот вопрос утвердительно, и Шредингер объясняет ошибочность такого ответа. Он, в частности, пишет: «...Нельзя отрицать, что направленность нашего интереса в данный момент времени и влияние этого фактора на ход дальнейшей работы всегда открывают широкую и принципиально неустранимую лазейку для субъективизма». В качестве примера он приводит историю с опытами Франческо Гримальди, продемонстрировавшего в середине XVII века явление дифракции. На эти опыты физики не обратили практически никакого внимания — по той причине, что в течение полутора столетий ньютоновская корпускулярная теория света считалась правильной, а волновая теория света Гюйгенса — напротив, неверной.

Обсуждая влияние искусства на науку, Шредингер обращается к истории своей любимой Древней Греции: «Ясное, прозрачное, строгое построение евклидовой геометрии подходит к чистым, простым, строго ограниченными формам греческих храмов». Про круговые траектории небесных тел в древнегреческой геоцентрической картине мира Шредингер пишет: «...В поисках траектории простейшего типа тогда отпала прямая линия, потому что она нигде не ограничена и полностью неосуществима, не поддаваясь обозрению как целое. На помощь пришло наивное наблюдение небесных тел, указавшее на равномерное движение по кругу как на наиболее “естественное” движение любого тела...»

Самый необычный раздел доклада — это, на наш взгляд, параллель между «массовым управлением» и методами математического анализа. Понимая под «массовым управлением» способ управления большим количеством объектов, Шредингер в качестве таких объектов приводит книги и людей. Книгами, как замечает Шредингер, «управляют карточки и каталоги»; что же касается людей, то, к примеру, рациональное совместное поведение «корпусов служащих» «регулируется законами и служебными предписаниями». Аналоги таких методов массового управления (каталогов и законов) Шредингер находит в естествознании. По его словам, ученые достигают экономии труда, производя затраты «раз и навсегда», используя методы математического анализа. Упомянув в связи с этим задачи гидродинамики, он замечает, что благодаря математическому анализу мы имеем возможность проследить путь отдельной частички жидкости. «Древний эллин не поверил бы, что ограниченный человеческий ум может дать решение столь запутанной задачи... а ведь сегодня это просто классная работа на один час». Именно обращение к

дифференциальному уравнению для предсказания поведения материальной частицы делает саму форму предсказания «доступной экономному, так сказать фабричному, применению».

Завершить этот биографический очерк уместно вполне характеризующими нашего героя его собственными словами. В 1933 году, выступая на приеме у короля Швеции по случаю вручения Нобелевской премии по физике, Шредингер, в частности, сказал: «...Перед блеском этого дня лауреаты могут лишь скромно потупить взор и сказать себе, что они стоят сейчас здесь не как отдельные личности, но как носители огромного, охватывающего весь мир стремления к истине...»

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 8 за 2012 год.*

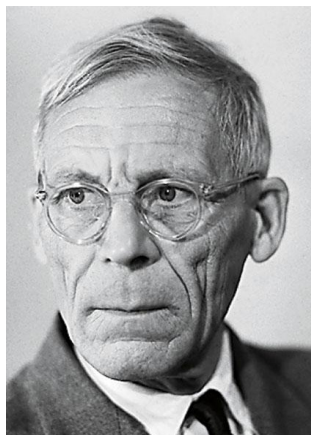
МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЛЕОНТОВИЧ

Это был человек редкостного типа мышления. Все его научные тексты, выпущенные в свет, написаны в четкой левополушарной манере, а все его жизненное поведение скорее правополушарное, эмоционально широкое, можно сказать, гуманитарное.

М. А. Миллер

В XX столетии прогресс человеческой цивилизации впервые за всю ее историю в значительной степени определялся развитием науки. Власть стала демонстрировать повышенный интерес к ученым, их благосостояние росло, а профессия научного сотрудника становилась массовой... Этот интерес, однако, нередко нарушал границы интеллектуальной и моральной свободы ученых. Впрочем, в подавляющем большинстве случаев они против этого не возражали и фактически принимали предлагаемые властью правила игры. Исключения немногочисленны и хорошо известны: Альберт Эйнштейн, Роберт Оппенгеймер, Андрей Сахаров...

История отечественной науки в XX веке (а это в первую очередь история советской науки) примерами независимого поведения ученых по вполне понятным причинам не изобилует. Тем больший интерес вызывают у нас те, кому все же удавалось такую независимость сохранять. В первую очередь мы вспоминаем «отца» отечественной водородной бомбы академика Андрея Дмитриевича Сахарова, впоследствии одного из главных действующих лиц диссидентского движения в СССР. Первый конфликт с властью произошел у него в 1961—1962 годах и был связан с его резко отрицательным отношением к планам правительства провести испытание сверхмощной водородной бомбы, хотя именно он был научным руководителем ее создания.



Михаил Александрович
Леонтович

Интересны и такие примеры, когда ученому удавалось следовать своим моральным принципам, не вступая в неприкрытую конфронтацию с властью (что произошло в случае академика Сахарова). Судя по многочисленным воспоминаниям, именно такой стиль поведения был характерен для выдающегося советского физика-теоретика академика Михаила Александровича Леонтовича (1903—1981). Публикуя к его 100-летию воспоминания коллег, редакция журнала «Природа» объединила их даже таким общим заголовком: «Совесть Академии».

Страницы жизни и этапы научной биографии

Михаил Александрович Леонтович родился в Петербурге 7 марта 1903 года. Ученые были представлены в его роду и по линии отца, и по материнской линии. Отец, Александр Васильевич Леонтович, был специалистом в области физиологии животных, преподавал в Киевском университете. В Киеве, в доме деда по материнской линии профессора В. П. Кирпичева, выдающегося русского механика, прошли детские годы Михаила Александровича.

Как и многие представители российской интеллигенции начала XX столетия, отец Михаила Александровича активно поддерживал социалистические идеи. И не просто поддерживал. Видный советский и партийный деятель Г. М. Кржижановский впоследствии вспоминал: «Я хорошо помню о неоценимых услугах, которым был обязан первый ЦК нашей партии дорогому А. В. Леонтовичу». А сестра отца Любовь Васильевна была в Петербурге связной партии большевиков и содержала их конспиративную квартиру. Своих взглядов А.В. Леонтович не скрывал, в результате чего его кандидатура была провалена при выборах на должность профессора. После этого он в 1913 году покидает Киев и вместе с женой, сыном и дочерью переезжает в Москву.

В Москве в 1918 году юный Леонтович заканчивает гимназию и становится слушателем Народного университета А. Л. Шанявского, в 1919-м поступает на физико-математический факультет Московского университета. Свою трудовую деятельность начинает будучи еще студентом: в конце 1920 года его зачисляют на должность препаратора в Институт биологической физики, где в течение нескольких лет он работает сотрудником лаборатории Курской магнитной аномалии. По его собственным воспоминаниям, он обошел «с магнитометром в руках» всю Курскую губернию.

В 1923 году Леонтович заканчивает МГУ, а в 1925-м в его научной биографии происходит исключительно важное событие: он становится одним из первых аспирантов Леонида Исааковича Мандельштама,

выдающегося советского физика. Примерно в эти же годы среди его аспирантов — Александр Адольфович Витт, Александр Александрович Андронов и Семен Эммануилович Хайкин. Впоследствии все трое стали известными физиками.

Вот что пишет об их научном руководителе отечественный историк науки Ю. А. Храмов в книге «Научные школы в физике»: «Л. И. Мандельштамом была создана сильная и продуктивная школа в Москве в 20—30-х годах — одна из первых советских физических школ, получившая широкую известность благодаря крупным результатам в области оптики, теории колебаний и теоретической физики». Л. И. Мандельштам был не просто сильным физиком; как пишет один из его учеников, «для многих из нас он еще был высоким олицетворением всей человеческой культуры — ее как интеллектуальной, так и моральной стороны».



Леонид Исаакович
Мандельштам

Уже через три года после поступления М. А. Леонтовича в аспирантуру он и Л. И. Мандельштам публикуют совместную работу о туннельном эффекте¹. Как замечает в своих воспоминаниях академик Е. Л. Фейнберг, именно эту работу использовал впоследствии (не сославшись на авторов) американский физик российского происхождения Г. А. Гамов в своем получившем широкую известность объяснении альфа-распада атомного ядра.

После окончания аспирантуры Леонтович остается работать в НИИ физики МГУ, совмещая эту работу с чтением лекций в университете — сначала в качестве доцента, а затем профессора физического факультета. В 1935 году М. А. Леонтовичу присуждается степень доктора физико-математических наук (согласно существовавшим тогда правилам, без защиты диссертации). В связи с этим Игорь Евгеньевич Тамм, руководитель теоретического отдела Физического института Академии наук (ФИАН), сотрудником которого Михаил Александрович стал в 1934 году, характеризует его так: «Михаил Александрович Леонтович принадлежит к числу выдающихся физиков-теоретиков. Отличаясь чрезвычайной ясностью ума и критической глубиной физической мысли, редкой всесторонней эрудицией и владея в совершенстве математическим аппаратом, он вместе с тем является редким примером физика,

¹ Туннельный эффект — прохождение микрочастицы через потенциальный барьер, высота которого больше ее энергии.



Игорь Евгеньевич
Тамм

сочетающего в себе теоретика и экспериментатора — наряду с теоретическими ему принадлежат и ряд экспериментальных работ».

В 1941 году, после начала Отечественной войны, Леонтович в составе Физического института эвакуируется в Казань. Там, спустя год, он, не прекращая заниматься теоретической физикой, разрабатывает радионавигационную систему наведения для слепого бомбометания. В 1944 году публикует статью по общей теории тонких проволочных антенн (написанную совместно с М. Л. Левиным) и фундаментальный труд, посвященный анализу распространения радиоволн вдоль земной поверхности.

На первых послевоенных выборах в АН СССР (1946) М. А. Леонтовича избирают академиком (членом-корреспондентом он был с 1939 года).

Стоит заметить, что при всей успешности своей научной биографии Леонтович всячески избегал возможного выдвижения на должность «научного начальника», понимая, по-видимому, что в этом случае компромиссов с собственной совестью избежать не удастся. Вот что пишет в своих воспоминаниях математик, академик



М. А. Леонтович,
1947 год

С. П. Новиков: «Леонтовича, вероятно, тоже собирались возвышать после избрания в академики в 1946 г. Однако он сам воспрепятствовал этому. Отец (академик П. С. Новиков, друг Михаила Александровича со студенческих лет. — Б. Б.) рассказывал мне, что Леонтовичу поручили читать приветствие товарищу Сталину по случаю 70-летнего юбилея, кажется, на заседании Отделения физико-математических наук Академии наук СССР в 1949 году. И Леонтович оскандалился: читая это приветствие, при перечислении здравий в адрес вождя мирового пролетариата пропустил только что возникший титул — «корифей

науки». Взволнованному партсекретарю, который в ужасе бросился к нему после заседания, он сказал: «Не готовился, от неожиданности пропустил это новое слово». Делу хода не дали, но Леонтовича органы безопасности постоянно считали способным совершить «вражеский вредительский поступок»».

Вторая научная жизнь

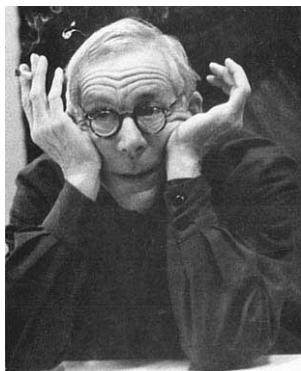
Леонтовичу не удалось, однако, избежать участия в Атомном проекте — все же слишком известным физиком он был... (Правда, произошло это уже на том этапе проекта, когда изучалось получение термоядерной энергии.) В Лаборатории импульсных процессов Академии наук (ЛИПАН) — так первоначально (потом Лаборатория № 2) назывался руководимый И. В. Курчатовым будущий Институт атомной энергии — в начале 50-х годов разворачивались работы по управляемому термоядерному синтезу. Построить термоядерный реактор, казалось, удастся в недалеком будущем. Энтузиазм был вызван пионерской идеей И. Е. Тамма и А. Д. Сахарова термоизолировать плазму (в которой должна была протекать термоядерная реакция) с помощью магнитного поля. По оценке А. Д. Сахарова, будущий реактор мог бы в процессе своей работы «производить» до 100 г трития (изотопа водорода) в сутки, и думалось, что вполне реально построить его не более чем за 15 лет.

Работы в области управляемого термоядерного синтеза воспринимались как неотъемлемая часть атомного проекта, поскольку будущий реактор должен был нарабатывать именно тритий — «взрывчатку» для водородной бомбы.

В новом ответвлении проекта одной из главных проблем была, естественно, кадровая, в центре которой стоял выбор кандидатуры на должность главного теоретика. Проблема кадров решалась исключительно на уровне спецкомитета, которому были подчинены все работы, связанные с атомным проектом. Возглавлял же спецкомитет многолетний руководитель советской госбезопасности, могущественный Л. П. Берия. Именно ему И. Е. Тамм рекомендовал на очередном совещании Михаила Александровича Леонтовича в качестве главного теоретика работ по управляемому термоядерному синтезу. Вот что пишет в связи с этим академик Е. Л. Фейнберг: «Всемогущий и страшный руководитель всех работ был крайне изумлен, что есть еще крупный теоретик, не использованный в его огромной системе. Он удивленно спросил: “Кто такой?” Было волнение и



М. А. Леонтович (справа) около только что собранного токамака Т-3, начало 1960-х годов



В раздумье...

бегание на цыпочках генералов-помощников, было шептание на ухо слов о Леонтовиче, видимо, очень опасливых и нелестных, но Берия изрек во всеуслышание: «Ничего, ничего, позаботитесь, будете следить — будет работать». И вопрос был решен».

Кардинальная смена тематики научных исследований далась Леонтовичу нелегко. Лучше всего, пожалуй, можно представить его душевное состояние по реплике доктора физико-математических наук М. А. Миллера: «Михаил Александрович говорил, что любое начинание физики рано или поздно подхватывается милитаристами. Ухмылка

дьявола (оскал милитариста) подкарауливает физиков в засадах. И каждый должен открыто понимать, где пересекается граница между Добром (изучением Природы как таковой) и Злом (использованием знаний для преднамеренного убийства жизни)».

Леонтовичу довольно долго удавалось эту границу не пересекать. Но вот в 1951 году он должен был принять решение. Вспоминает Е. Л. Фейнберг: «Однажды, в 1951 году, Михаил Александрович налетел на меня: «Послушайте, что вытворяет ваш Игорь Евгеньевич! Сам тонет в болоте и меня тащит туда же! Это, знаете, как когда на дне глухого пруда сидят утопленники — уже почти сгнившие, покрытые зелеными водорослями, страшные — и вдруг видят, что кто-то новый барахтается наверху, тонет. И тогда они своими костлявыми руками манят его к себе и кричат: «К на-а-ам, к на-а-ам, сюда-а-а, сюда-а-а!» (Здесь он красочно вытянул вверх руки со скрюченными пальцами и стал загребать воздух на себя.)». К счастью для Леонтовича, гриф секретности с исследований по управляемому термоядерному синтезу вскоре был снят.



В рабочем кабинете

Академик А. Д. Сахаров характеризует «вторую научную жизнь» М. А. Леонтовича в «превосходных» выражениях: «лучшего руководителя теоретических работ найти было нельзя. Он мало верил в конечный успех, но делал максимум возможного для его приближения... Огромные успехи в теоретической физике плазмы без него были бы невозможны».

Совесь Академии

Для понимания личности и самого ученого, и его ближайшего окружения представляются важными те детали, которые приводит его дочь Наталья Михайловна Леонтович: «В начале 20-х годов в центре Москвы, на Сивцевом Вражке, возникла коммуна, вокруг которой собрались удивительные люди. Несомненно, это сообщество уникально для советского времени, да, пожалуй, и вообще уникально. В компанию, помимо Михаила Александровича Леонтовича, входили Николай Николаевич Парийский (будущий астроном и геофизик, член-корреспондент АН СССР), Александр Александрович Андронов (в будущем радиопрофизик, действительный член АН СССР), Александр Адольфович Витт (в будущем доктор физико-математических наук, погибший в 1938 году в лагере на Колыме). В основном именно они определяли содержание жизни и дух всего сообщества». Члены коммуны были увлечены наукой, но это увлечение не было бегством от окружающей их действительности. Наталья Михайловна пишет: «В 20-е годы они были “красные”. Эти очень умные люди (причем думающие над социальными, общественными вопросами) не поняли преступности Октябрьской революции. “Белые” были для них врагами...» При этом она обращает внимание на весьма важную ситуацию: «При всей революционной настроенности в начале 20-х годов, ни один из этих людей не состоял членом партии. Почему? Мне кажется, что для них невозможно было потерять определенную степень свободы, брать на себя обязательства что-то делать и говорить не согласно со своими убеждениями. И эта в общем-то нравственная позиция оказалась в конечном счете самой прагматичной. Это была наверняка одна из причин, по которой в 37—38-м годах из всей их компании погиб только один человек — А. А. Витт».



Участники коммуны (стоят: второй слева — М. Леонтович, первый справа — А. Андронов), начало 1920-х годов

Невозможность «делать и говорить не согласно со своими убеждениями» М. А. Леонтович сохранил на всю жизнь — примерами этого полны воспоминания его коллег. В самых разных случаях ему удавалось сломать тот сценарий поведения, который неявно предполагался уместным для известного ученого, обласканного вниманием властей. Так, в преддверии послевоенных выборов в АН СССР ее президент академик С. И. Вавилов выдвинул кандидатом в действительные члены академии главного теоретика ФИАНа Игоря Евгеньевича Тамма. Но кандидатуру Тамма не одобрили в секретариате ЦК КПСС, после чего Вавилов предложил кандидатуру другого теоретика того же института — М. А. Леонтовича.

События, последовавшие после этого, судя по всему, в истории отечественной науки аналога не имели. М. А. Леонтович направил президенту Академии наук СССР и директору ФИАНа С. И. Вавилову письмо, в котором, в частности, писал: «Обращаюсь к Вам с просьбой использовать Ваше положение в Академии и авторитет и принять меры, которые гарантировали бы меня от избрания в действительные члены АН». Согласно его желанию, письмо было зачитано на собрании отделения физико-математических наук академии. В нем говорилось также о том, что «имеются уже два кандидата физика-теоретика, которые, на мой взгляд, являются несомненно достойными избрания в действительные члены АН — это профессора И. Е. Тамм и Л. Д. Ландау. Поэтому, не желая конкурировать с этими кандидатами, я и считаю нужным свою кандидатуру снять» (Цит. по книге: *Горелик Г. Е.* Андрей Сахаров. Наука и свобода. М. : Вагриус, 2004. С. 136). Академики, однако, не отреагировали на обращение Михаила Александровича и, следуя решению вышестоящей инстанции, оставили Леонтовича в списке кандидатов. Подавляющим большинством голосов (13:2) его выбрали действительным членом Академии наук СССР.

Леонтович, как и несколько его друзей (как правило, это были физики), вообще активно использовал относительную независимость и устав Академии, главным образом при выборах в ее состав. Показателен случай, произошедший на общем собрании Академии наук в июне 1964 года. Тогда на звание действительного члена Академии претендовал биолог Н. И. Нуждин, сподвижник академика Т. Д. Лысенко в разгроме отечественной генетики. Лысенко пользовался неограниченной поддержкой Н. С. Хрущева, в то время как большинство физиков, отлично понимая важность генетических исследований для науки, в меру своих возможностей поддерживали генетиков. Незадолго до общего собрания несколько академиков, в том числе биохимик В. А. Энгельгардт, физики И. Е. Тамм и М. А. Леонтович, договорились выступить против кандидатуры Н. И. Нуждина. На общем собрании Академии наук не-

ожиданно для них с резкими словами в его адрес выступил А. Д. Сахаров. Далее, согласно его воспоминаниям, «М. В. Келдыш (президент АН СССР) первыми выпустил Тамма, Леонтовича и Энгельгардта. Они выступали очень хорошо, логично и убедительно. Так же, как и я, они доказывали, что Нуджин недостоин избрания в академики».

Эффект от подготовленных и взвешенных выступлений коллег А. Д. Сахарова, безусловно, был усилен его эмоциональной речью, и по итогам тайного голосования Нуджин избран не был. Беспрецедентный провал академиками кандидатуры, предварительно одобренной в ЦК КПСС, вызвал гнев тогдашнего первого секретаря ЦК, главы государства Н. С. Хрущева. Он даже предлагал в связи с этим ликвидировать Академию наук.

Академическая независимость с годами стала несколько уменьшаться. Отмечая это, С. П. Новиков пишет: «Леонтович оставался последним, кто еще иногда выступал на Общем собрании против сомнительных лиц, появившихся на арене Академии в первой половине 70-х годов. В 60-х годах таких выступлений было немало, но инициатива и тогда шла от “термоядерных” физиков, остальные лишь присоединялись».

Добавим к этому, что свой академический статус Михаил Александрович активно использовал и за стенами Академии наук. В 1956 году он подписывает знаменитое «письмо трехсот» — коллективное письмо



Здание АН СССР тех лет

большой группы советских ученых в президиум ЦК КПСС, призывающее прекратить поддержку Т. Д. Лысенко и исправить положение в биологической науке. А спустя 11 лет он в числе 25 крупнейших деятелей культуры и науки страны подписывает адресованное генеральному секретарю ЦК КПСС Л. И. Брежневу письмо, направленное против реабилитации И. В. Сталина. Более того, Леонтович ставит свою подпись под письмами в защиту арестованных представителей диссидентского движения.

Этот небольшой очерк уместно завершить цитатой из воспоминаний лауреата Нобелевской премии академика Ильи Михайловича Франка, напоминающего нам о преемственности поколений, о том, что М. А. Леонтович оставался верен «духовным традициям нашей отечественной трудовой интеллигенции XIX века, которые он воспринял и донес до нашего времени».

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 3 за 2013 год.*

ПАВЕЛ АЛЕКСЕЕВИЧ ЧЕРЕНКОВ

В 1958 году лауреатами Нобелевской премии по физике впервые стали ученые из СССР: Павел Алексеевич Черенков, Игорь Евгеньевич Тамм и Илья Михайлович Франк. Премия была присуждена «за открытие и истолкование эффекта Черенкова». Эффект был обнаружен Черенковым в ходе работы над кандидатской диссертацией, а Тамму и Франку принадлежит его «истолкование».



Павел Алексеевич
Черенков

Павел Алексеевич Черенков родился в 1904 году в семье зажиточного крестьянина Алексея Егоровича Черенкова в селе Новая Чигла Воронежской губернии. Когда ему было два года, умерла его мать, Мария Павловна. Отец женился повторно, и, как рассказывает дочь Павла Алексеевича, «мачеха прятала его зимнюю шапку, чтобы не ходил в школу, а занимался мужскими домашними делами. Приходилось иногда убежать без шапки». В Новой Чигле была единственная на весь уезд библиотека, и несомненным везением в жизни Павла стала достаточно редкая в то время возможность много читать.

Среднее образование Павел получил в два этапа: сначала учился в церковно-приходской школе, после которой из-за Гражданской войны вынужден был работать чернорабочим и конторщиком, потом продолжил свое образование и завершил его в возрасте 20 лет. В 1924 году он поступает на физико-математическое отделение Воронежского университета, после окончания которого преподает в школах г. Мичуринска (тогда г. Козлова). В это же время знакомится с будущей женой — молодой выпускницей литературного отделения Воронежского университета Марией Путинцевой. В 1930 году Павел подает документы в аспирантуру Ленинградского физического института Академии наук (о приеме в нее он узнает из газетного объявления), успешно проходит собеседование и переезжает в Ленинград.



И. Е. Тамм, П. А. Черенков
и И. М. Франк

Однако это радостное для него событие омрачается характерными для того времени изломами судеб людей. В том же году его отца, Алексея Егоровича Черенкова, высылают в ходе коллективизации из родного села. Кроме того, суд по так называемому делу краеведов приговаривает к пяти годам лагерей отца Марии — Алексея Михайловича Путинцева, профессора филологии Воронежского университета. По окончании суда над отцом Мария уезжает из Воронежа в Ленинград. Она и Павел официально оформляют свои отношения.

Открытие нового свечения

Научным руководителем аспиранта Павла Черенкова становится Сергей Иванович Вавилов, известный в первую очередь работами в области оптики. В 1932 году С. И. Вавилова избирают академиком АН СССР, а в 1934 году, после переезда Академии наук в Москву, назначают директором Физического института АН СССР (ФИАН). С 1945 года и до своей смерти в 1951 году С. И. Вавилов был президентом Академии.

Как самому провинциальному из вавиловских аспирантов, Павлу Черенкову достается тема, казавшаяся на тот момент совсем неперспективной: он должен был изучать люминесценцию растворов солей урана. Из воспоминаний его дочери: «Что бы позже ни говорили участники и современники научных и околonaучных событий, развивавшихся вокруг одной из аспирантских тем, распределение их было не столько везением для Павла Алексеевича, сколько просчетом всех остальных — тех, кто не взялся за аспирантскую тему Черенкова или не присоединился к теоретическим поискам позднее».

Формулируя Черенкову тему его диссертационного исследования, Вавилов сознательно вышел за рамки привычной для себя научной тематики. Предлагая новому аспиранту изучать люминесцентное свечение (а именно в этой области он был признанным специалистом), Вавилов в качестве инициатора люминесценции выбрал гамма-излучение радия, включив тем самым в сферу своих интересов стремительно развивавшуюся в те годы физику атомного ядра. Черенкову предстояло установить закономерности свечения растворенных урановых солей под действием радиоактивных излучений и выяснить, до какой степени оно похоже на люминесценцию, вызываемую обычными источниками.



Сергей Иванович
Вавилов

Осуществляя наблюдения, он обратил внимание на странное свечение чрезвычайно малой интенсивности, присутствовавшее в фоновом режиме во всех без исключения экспериментах. Поскольку предметом изучения были жидкости, дополнительному исследованию подверглись сосуды, в которых они находились (в первых экспериментах сосуды были стеклянными). Оказалось, что они также могут светиться.

Чтобы избавиться от фона, Черенков менял материал, из которого изготавливались сосуды. Сам он описывал это так: «Мне пришлось изготавливать самые разнообразные сосуды из различных материалов, в том числе из тончайших листочков слюды (работа с ними была под стать ювелирной), и в конце концов остановиться на использовании платиновых сосудов, стенки которых сами не излучали и, кроме того, сравнительно легко очишались от загрязнений (в частности, прокаливанием). Таким образом, фон от возможного излучения стенок сосуда удалось исключить. Однако в ходе этой работы был выявлен дополнительный фон — свечение растворителя, даже самого чистого (при нулевой концентрации люминесцирующего вещества). Наблюдавшееся свечение чистого растворителя было очень слабым...»

Предположив, что свечение обусловлено растворителем, Черенков действительно обнаружил его в самых различных облученных дистиллированных жидкостях. Первое объяснение механизма загадочного свечения предложил научный руководитель аспиранта. Прежде всего С. И. Вавилов показал, что новое свечение не имеет отношения к люминесценции. Иначе говоря, в отличие от люминесценции излучение света происходит не вследствие появления в жидкости возбужденных молекул. При этом Вавилов считал (как выяснилось, ошибочно), что речь идет о тормозном излучении электронов, движущихся в растворителе (тормозным называют излучение частиц, имеющих заряд, при их равнозамедленном движении); электроны же появлялись в жидкости вследствие так называемого комптоновского рассеяния фотонов гамма-излучения радиоактивного источника, под воздействием которого находился растворитель.

По воспоминаниям коллег, подготовив статью с изложением результатов эксперимента и объяснения наблюдаемого явления, Черенков предполагал, что у нее будут два автора — он сам и его научный руководитель. Одобрив статью в целом, Сергей Иванович, однако, предложил выделить в ней экспериментальную и теоретическую части и опубликовать их в виде двух отдельных статей двух разных авторов. В итоге во втором томе «Докладов Академии наук» за 1934 год были опубликованы статья П. А. Черенкова с описанием эксперимента (свечение было зафиксировано у двадцати различных чистых жидкостей) и статья С. И. Вавилова с изложением теории обнаруженного Черенко-

вым явления. У открытия, сделанного ими, есть, таким образом, официальная дата — 27 мая 1934 года, зафиксированная как день поступления статей в редакцию «Докладов».

Как вспоминал позже Илья Михайлович Франк, «...гипотеза Вавилова... по ряду причин вызвала сомнения, однако его точка зрения о том, что излучает электрон, а не люминесцирует жидкость, мне представлялась несомненной».

Изучение открытого излучения и разработка его теории

В 1935 году Павел Черенков успешно защитил кандидатскую диссертацию. Постоянное внимание к его исследованиям со стороны Вавилова позволило ему не останавливать свои эксперименты со светящимися жидкостями. Главные события, которые, собственно говоря, и привели в итоге к Нобелевской премии, были еще впереди. Пока же, по словам И. М. Франка, «ни у кого, кроме узкого круга лиц, связанных с С. И. Вавиловым, опыты Черенкова не вызывали интереса». Отчасти это было связано с не вполне привычной для физиков методикой исследования характеристик свечения. В то время они не имели в своем распоряжении ни интенсивных источников радиоактивного излучения, ни детекторов, которые могли бы регистрировать свечение столь низкой интенсивности. Специальная методика, разработанная Вавиловым, предполагала проведение наблюдений в полной темноте и придавала экспериментам до известной степени мистический характер.

В 1936 году установку Черенкова показывали, например, приехавшему в ФИАН знаменитому французскому физику-экспериментатору Фредерику Жолио-Кюри. Как вспоминают очевидцы (в том числе и сам Павел Алексеевич), Жолио реагировал на происходящее с явным недоверием.

В интервью журналу «Природа» Черенков упоминает, впрочем, и о «приятных исключениях»: «Я до сих пор с большим удовольствием вспоминаю восклицания Н. Бора “wunderbar, wunderschön” (нем. удивительно, прекрасно), повторенные несколько раз после того, как я продемонстрировал ему одно из самых существенных свойств излучения — его пространственную асимметрию».

Асимметрию излучения Черенков (работая в тесном контакте с И. М. Франком) обнаружил в 1936 году. В серии экспериментов установку помещали в магнитное поле и в результате установили



Илья Михайлович
Франк

направленность излучения вдоль поверхности конуса, ориентированного под острым углом к вектору скорости движущегося электрона. Собственно говоря, именно с попыток объяснить эту особенность свечения и началось, по словам Франка, развитие теории эффекта, и именно на этом этапе к ее обсуждению подключился Игорь Евгеньевич Тамм.

Франк специально подчеркивает, что подобная направленность излучения имеет место и для звуковых волн — в том случае, когда источник движется со сверхзвуковой скоростью. В журнале «Природа» (№ 10, 1984) он пишет: «Сейчас к этому уже все привыкли, но я могу привести пример, когда аналогичная ситуация и в наши дни вызывает удивление. Я имею в виду случай, когда какой-либо объект движется со сверхзвуковой скоростью. Фронт звуковой волны имеет в этом случае коническую форму с острым углом по отношению к траектории движения. И вот до сих пор бывает трудно отделаться от привычных представлений. При полете сверхзвукового самолета мы слышим звук, похожий на выстрел. При этом иногда делают глубокомысленное замечание: «Самолет преодолел звуковой барьер». Никакого звукового барьера он не преодолевал, а летел с постоянной сверхзвуковой скоростью. Трудно себе представить, что самолет все время излучал звук, а мы его услышали только в тот момент, когда конус звуковых волн «проскочил» сквозь нас. (Уж очень мы привыкли к тому, что источник звука должен его излучать во все стороны!) Так дело обстоит теперь, а в 1936 году сверхзвуковых самолетов не было. И когда удивительная направленность излучения была обнаружена для видимого света, в это трудно было поверить. Даже Сергей Иванович (Вавилов. — Б. Б.) сильно сомневался, пока не убедился в этом собственными глазами».



П. А. Черенков в лаборатории

Илья Михайлович не случайно столь подробно рассказывает об излучении звуковых волн сверхзвуковым самолетом. Речь идет об удачной механической аналогии, иллюстрирующей главную идею построенной Таммом и Франком теории эффекта. Два фиановских теоретика доказали, что загадочное свечение исходит от «сверхсветовых электронов», то есть таких электронов, скорость которых превышает скорость света в жидкости (и, естественно, остается меньше скорости света в вакууме); они получили основные формулы направленности излучения и потерь энергии в единицу времени.

Открытое Павлом Черенковым свечение, регистрация которого в 30-х годах XX века требовала использования специальных методов регистрации, в настоящее время можно в некоторых случаях увидеть невооруженным глазом. Пример тому — голубоватое свечение воды, окружающей активную зону ядерного реактора; такое свечение демонстрируют нередко даже обычным экскурсантам.

Что же касается недоверия в то время к новому эффекту, то в явной форме оно проявилось в отказе журнала «Nature» опубликовать полученную от П. А. Черенкова статью. Последовав совету своего научного руководителя, он отправил статью в США, в журнал «Physical Review». Американские рецензенты оказались дальновиднее своих английских коллег, и статья была в скором времени напечатана. Публикация в престижном «Physical Review» привлекла внимание научного сообщества, и вскоре американские физики Г. Коллинз и Р. Рейлинг повторили описанные Черенковым опыты и подтвердили полученные им результаты.

Именно они впервые употребили ставший широко известным теперь термин «свечение Черенкова».

В отечественной научной и учебной литературе принято название «свечение Вавилова — Черенкова», что подчеркивает исключительную роль Сергея Ивановича Вавилова в открытии и исследовании необычного свечения.

В своей нобелевской лекции И. Е. Тамм назвал открытие Черенкова... запоздавшим: «Само это явление могло быть легко предсказано на основе классической электродинамики за много десятилетий до того, как оно было фактически обнаружено. Почему же это открытие столь запоздало?! Мне кажется, что мы имеем здесь дело с поучительным примером отнюдь не редкой в науке ситуации, когда научный прогресс тормозится не критическим применением правильных физических принципов к явлениям, выходящим за пределы применимости этих принципов.

В течение многих десятков лет всех молодых физиков учили, что свет (и электромагнитные волны вообще) может излучаться только при неравномерном движении электрических зарядов. При доказательстве этой теоремы явно или неявно использовался тот факт, что теория относительности не допускает движений со сверхсветовой скоростью, согласно этой теории, «никакое материальное тело не в состоянии даже достичь скорости света». Однако в материальной среде скорость света меньше, чем в вакууме, что делает возможным движение заряда со скоростью, превышающей скорость света в среде (и остающейся при этом меньше скорости света в вакууме)».

Черенковские счетчики

В течение достаточно долгого времени (порядка десяти лет) свечение Черенкова оставалось явлением, не имевшим какого-либо практического применения. И только с появлением фотоумножителей (чувствительных приемников слабых световых сигналов) физикам удалось разработать устройства, позволяющие регистрировать быстрые заряженные частицы по испускаемому ими излучению Вавилова — Черенкова. В этих устройствах, известных как черенковские счетчики, слабые световые вспышки преобразуются в легко измеряемые импульсы напряжения. У черенковских счетчиков имеется целый ряд достоинств, которые обеспечивают их широкое применение в физике высоких энергий.

Во-первых, они регистрируют только быстрые частицы, скорость которых превышает скорость света в среде. Во-вторых, благодаря направленности излучения, с их помощью можно определять направление полета частиц. В-третьих, черенковские счетчики отличаются быстродействием: они регистрируют за одну секунду в сотни тысяч раз больше частиц, чем, скажем, счетчики Гейгера. К тому же в ряде случаев черенковские детекторы позволяют определить энергию пролетевшей частицы по углу между ее скоростью и направлением, в котором распространяется испускаемое ею излучение. С помощью черенковских счетчиков в 1955 году был открыт антипротон. Эмилио Сегре и Оуэну Чемберлену, получившим за это открытие в 1959 году Нобелевскую премию, именно такие счетчики позволили устранить фоновое излучение, на несколько порядков превышавшее происходившие эффекты.

Дела и награды

По итогам всех проведенных им экспериментов П. А. Черенков защищает в 1940 году докторскую диссертацию, а в 1946 году ему, С. И. Вавилову, И. Е. Тамму и И. М. Франку за открытие и объяснение свечения Вавилова — Черенкова присуждается Сталинская премия первой степени. После Великой Отечественной войны Павел Алексеевич принимает активное участие в создании



П. А. Черенков (второй справа) работает в государственной экзаменационной комиссии

ускорителей электронов и за эту работу награждается в 1952 году (в составе коллектива сотрудников) второй Сталинской премией. В 1959 году его назначают заведующим лабораторией фотомезонных процессов ФИАН, и в этом качестве он в 1977 году становится (за участие в исследованиях по фоторасщеплению легчайших атомных ядер) лауреатом Государственной премии.

В 1964 году, спустя 8 лет после получения Нобелевской премии, Черенкова избирают членом-корреспондентом АН СССР. И еще через 6 лет — академиком.

6 января 1990 года П. А. Черенков ушел из жизни. Во всех многочисленных воспоминаниях о нем наряду с разными хорошими человеческими качествами отмечается его необычайная скромность. А его дочь, Е. П. Черенкова, биографический очерк о своем отце закончила характеризующей его жизненный путь фразой: «Трудно рассудить, чего в его жизни было больше — удач, невезения, счастья... Но я твердо знаю, чего было много — преодоления».

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 7 за 2014 год.*

БРУНО ПОНТЕКОРВО

Пусть не поймаешь нейтрино за бороду
И не посадишь в пробирку,
Но было бы здорово, чтоб Понтекорво,
Взял его крепче за шкирку!

Владимир Высоцкий

Из Харуэлла в Дубну

В 1950 году, в разгар холодной войны, в Гидротехнической лаборатории АН СССР, расположенной вблизи деревни Ново-Иваново (впоследствии г. Дубна), неожиданно появился новый сотрудник — известный итальянский физик, ученик Энрико Ферми и сотрудник



Бруно Понтекорво

британского Атомного центра в Харуэлле Бруно Понтекорво. Событие было тем более удивительным, что и лаборатория, и ее сотрудники работали в условиях строгой секретности. Собственно, гидротехнической лабораторию назвали исключительно из соображений конспирации, на самом деле основой ее был введенный в действие в декабре 1949 года крупнейший в мире синхротрон — ускоритель, разгонявший протоны до энергии 460, а затем 680 МэВ. Фактически же Гидротехническая лаборатория АН СССР была филиалом института, руководимого И. В. Курчатовым, — одним из многочисленных исследовательских подразделений, созданных для реализации советского атомного проекта.

В научном сообществе физиков-ядерщиков Бруно Понтекорво был хорошо известен несколькими выдающимися результатами, в том числе личным участием в открытии эффекта замедления нейтронов (это открытие, сделанное Ферми и его учениками в 1934 году, ускорило продвижение ядерной физики к открытию возможности использовать энергию атома). В СССР Понтекорво быстро включился в научную деятельность.

Обстоятельства тому благоприятствовали: масштаб исследований, проводившихся в Гидротехнической лаборатории АН СССР, быстро возростал, и в 1956 году в Дубне начал функционировать Объединенный институт ядерных исследований. Упоминавшийся выше синхротрон стал базовой установкой одного из подразделений института — лаборатории ядерных проблем, а Бруно Понтекорво — заведующим сектором этой лаборатории. К тому времени пребывание Понтекорво

в СССР перестало быть секретом, в 1955 году на специальной пресс-конференции он рассказал о мотивах своего переезда в СССР (по его словам, как член Итальянской компартии, он опасался ареста). В своих воспоминаниях академик С. С. Герштейн предполагает, что Понтекорво, будучи специалистом по физике элементарных частиц, мог соблазниться возможностью проводить эксперименты на только что построенном в СССР самом большом в мире ускорителе. Предметом особого интереса Понтекорво было нейтрино — элементарная частица, название которой, кстати, дал учитель Понтекорво Энрико Ферми.



Здание ОИЯИ, г. Дубна

Работа Понтекорво в СССР удостоена советским правительством почти всех статусных знаков отличия. В 1953 году ему присуждается Сталинская премия за цикл научно-исследовательских работ, выполненных на синхротроне, в 1974 году — Ленинская премия за исследования в области физики слабых взаимодействий и нейтрино. Он награждается двумя орденами Ленина.

В 1958 году его избирают членом-корреспондентом, а в 1964-м — действительным членом АН СССР. В Академии наук «под Понтекорво» создается научный совет по нейтринной физике, и он становится его председателем. В течение двух десятилетий, начиная с 1966 года, академик Понтекорво заведует кафедрой физики элементарных частиц МГУ им. М. В. Ломоносова в Дубне. При всем том в научном сообществе его знают не только как физика, но еще и как одного из первых в СССР популяризаторов тенниса и энтузиастов подводной охоты.

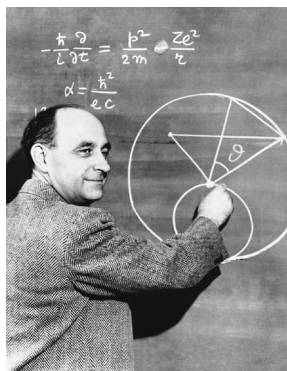


Ускоритель У-400 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ

Однако выезд за пределы СССР для Понтекорво ограничен социалистическими странами, и разрешение поехать в Италию он впервые получает только в 1978 году. В последние годы жизни Понтекорво страдает болезнью Паркинсона. Вскоре после своего восьмидесятилетия, 24 сентября 1993 года, Понтекорво умирает. Согласно его завещанию, половина праха Понтекорво захоронена в Италии, половина — в Дубне. В знак признания научных заслуг Бруно Понтекорво Объединенный институт ядерных исследований ежегодно присуждает премию его памяти «за наиболее значительные исследования в физике элементарных частиц».

Страницы биографии

Бруно Понтекорво родился 22 августа 1913 года в г. Пизе, в благополучной и многодетной семье: у Бруно было пять братьев и три сестры, а его отец был промышленником. По окончании школы Бруно два года учился на технологическом факультете Пизанского университета, после чего, следуя совету старшего брата, перевелся на физический факультет Римского университета. Физик Франко Разетти, работавший в то время на факультете в исследовательской группе, которой руководил Энрико Ферми, был знаком с семьей Понтекорво и дружил с его старшими братьями. «Я попытался добиться перевода и поехал в Рим, где Ферми и Разетти устроили мне неофициальный экзамен, — вспоминал Понтекорво. — После экзамена, на котором я показал довольно средние знания по физике, Ферми сделал некоторые замечания...» В этих замечаниях Ферми, по словам Понтекорво, сравнивал физиков-теоретиков с физиками-экспериментаторами и, в частности, сказал, что в экспериментальной физике, в отличие от теоретической, «для человека средних способностей всегда имеется возможность полезной работы... Это будет очень нужная работа, хотя для этого не требуется большого ума». Итак, подытожил Понтекорво, «я стал студентом физического факультета Римского университета с оговоркой, что впоследствии буду экспериментатором».



Энрико Ферми

Под руководством Ферми Понтекорво начал работать еще до окончания университета и в свои 20 лет был в группе Ферми самым молодым (а 34-летний Ферми — самым старым). Бруно активно участвовал в прославивших эту группу экспериментах, в которых был открыт эффект замедления нейтронов.

За эти исследования Понтекорво получает в 1936 году правительственную стипендию и уезжает в Париж, где работает в лаборатории Ирен и Фредерика Жолио-Кюри и изучает среди прочего эффекты столкновений нейтронов с протонами. Именно в Париже во многом под влиянием гражданской войны в Испании, обострившей противостояние коммунистической и фашистской идеологий, Понтекорво становится убежденным сторонником социалистических идей и членом подпольной Коммунистической партии Италии. В Париже в 1938 году он женится на Марианне Нордблом, и в том же году у них рождается первый сын (в семье Понтекорво было трое детей). Из-за принятых правительством Муссолини расовых законов, введших дискриминацию евреев, Понтекорво лишается возможности вернуться в Италию, и его временная должность в Институте радия становится постоянной. Впрочем, это постоянство оказалось кажущимся: в 1940 году Париж оккупируют нацисты, и Понтекорво с семьей уезжает в Испанию, а затем в США. В Америке Понтекорво, используя рекомендацию Эмилио Сегре, своего коллеги по группе Ферми, начинает работать в исследовательской лаборатории нефтяной компании в Оклахоме. Там, используя свой опыт физика-ядерщика, он разрабатывает новую технологию поиска нефтяных месторождений — технологию нейтронного каротажа.

В 1943 году Понтекорво приглашают в Канаду, где он участвует в разработке ядерного реактора, изучает свойства космических лучей и нейтрино. А в 1948 году Джон Кокрофт приглашает Понтекорво на работу в Харуэлл, в британский атомный центр.

В Харуэлле Понтекорво работает до июня 1950 года (предполагалось, что вскоре он перейдет на должность заведующего кафедрой физики Ливерпульского университета). Внезапно и он и его семья исчезают из поля зрения коллег, родственников и друзей. Неожиданно прервав отпуск в Италии, Понтекорво с женой и тремя детьми вылетает в Стокгольм, затем в Хельсинки, после чего его следы теряются. Как потом станет известно, на машине с дипломатическими номерами Понтекорво и его семью перевозят в Россию, и в жизни 38-летнего физика начинается совершенно новый период. Только в 1955 году на специально организованной пресс-конференции Понтекорво официально объявил о своем переезде в СССР.

Искусственная радиоактивность и медленные нейтроны

Одно из важнейших событий в истории ядерной физики произошло в 1932 году, когда англичанин Джеймс Чедвик открыл нейтрон. Именно после открытия Чедвика в физике сформировались окончательные представления о составе атомного ядра (нейтроны и протоны).

В том же 1934 году произошло еще одно очень важное событие: работавшие в Париже супруги Ирен и Фредерик Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность. Они обнаружили, что облучение альфа-частицами превращало атомы некоторых элементов в радиоактивные изотопы. Итальянский физик Энрико Ферми предложил изучать искусственную радиоактивность с помощью не альфа-частиц, а нейтронов. Его идею почти никто не поддержал, но вскоре стало ясно, что интуиция Ферми не подвела. Ему удалось показать, что искусственную радиоактивность можно эффективно исследовать с помощью предварительно замедленных нейтронов. И именно использование медленных нейтронов позволило в итоге открыть деление ядер урана и цепную реакцию. О том, какую роль сыграл в истории открытия замедления нейтронов Бруно Понтекорво, рассказывает в своей книге «Атомы у нас дома» жена Энрико Ферми Лаура: «Однажды утром Бруно Понтекорво и Эдоардо Амальди испытывали на радиоактивность некоторые металлы. Этим образцам была придана форма маленьких полых цилиндров одинаковой величины, внутри которых можно было поместить источник нейтронов. Чтобы облучить такой цилиндр, в него вставляли источник нейтронов, а затем все это помещали в свинцовый ящик. В это знаменательное утро Амальди и Понтекорво производили опыты с серебром. И вдруг Понтекорво заметил, что с серебряным цилиндром происходит что-то странное: активность его не всегда одинакова, она меняется в зависимости от того, куда его поставят — в середину или в угол свинцового ящика! В полном недоумении Амальди и Понтекорво отправились доложить об этом чуде Ферми и Разетти. Франко был склонен приписать эти странности какой-нибудь статистической ошибке или неточным измерениям. А Энрико, считавший, что каждое явление требует проверки, предложил им попробовать облучить этот серебряный цилиндр вне свинцового ящика и посмотреть, что из этого получится». После серии экспериментов удалось установить, что на активность цилиндрика влияют находящиеся вблизи него предметы. Если таким предметом была свинцовая пластинка, активность несколько увеличивалась. Ферми — по контрасту со свинцом — предложил поэкспериментировать с парафином. В кусочке парафина была выдолблена ямка, в ямку поместили источник нейтронов и начали облучать серебряный цилиндр. В результате активность цилиндрика резко выросла.

Как вспоминает Лаура Ферми, ее муж достаточно быстро построил качественную теорию обнаруженного эффекта. В парафине много водорода, а масса атомных ядер водорода — протонов — совпадает с массой нейтронов. В том случае, когда источник нейтронов помещается в парафин, нейтроны сначала сталкиваются с протонами в парафине, а потом уже попадают в ядро атомов серебра. При столкновении

с равным по массе протоном нейтрон теряет значительную часть своей энергии. Для замедленного же нейтрона вероятность того, что он будет захвачен ядром серебра, резко повышается. Из предложенного Ферми объяснения следовало, что такое же воздействие на нейтроны должно оказывать любое вещество, в котором много водорода. Вполне естественно поэтому, что Ферми предложил попробовать в качестве замедлителя нейтронов обычную воду.

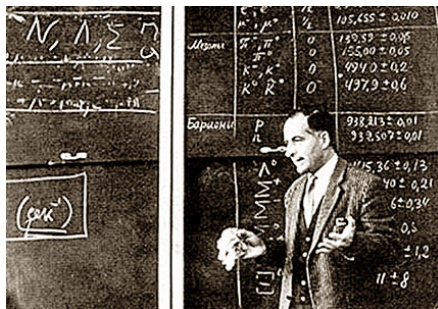
Такие эксперименты было провести просто. Лаборатория Ферми размещалась в корпусе физического факультета, рядом с которым был сад с фонтаном, и 22 октября Ферми со своими «мальчиками» осуществил исторический опыт: замедлил нейтроны с помощью воды. Вспоминает Лаура Ферми: «Я уверена, что золотые рыбки, несмотря на то, что они попали под нейтронный обстрел, вели себя гораздо спокойнее и с большим достоинством, чем эта кучка физиков, собравшихся у фонтана. Результаты эксперимента привели их в неистовое возбуждение. Теория Ферми подтвердилась — вода также во много раз увеличивала искусственную радиоактивность серебра». В тот же день они начали писать статью о сделанном открытии и одновременно продумывать планы дальнейших экспериментов.

Однако многоопытный декан Корбино вмешался в ситуацию, заявив, что до отправления статьи в журнал обнаруженный ими эффект следует запатентовать. К счастью, Ферми не стал спорить с искусственным в подобных делах Корбино, хотя ни он сам, ни тем более его «мальчики» не могли понять, какое отношение могут иметь патенты к такой увлекательной нейтронной физике. В итоге 26 октября Энрико Ферми вместе с шестью своими учениками, среди которых, разумеется, был и Понтекорво, подали совместную заявку на патент для найденного ими способа получения искусственных радиоактивных веществ при помощи бомбардировки медленными нейтронами. Через четыре года после этих опытов Ферми была присуждена Нобелевская премия по физике «за доказательство существования новых элементов, возникающих при нейтронном облучении, и за сделанное в связи с этими исследованиями открытие ядерных реакций, происходящих под действием медленных нейтронов».

Что же касается практического значения сделанного в 1934 году открытия, то Корбино оказался абсолютно прав: в 1943 году под руководством Ферми в рамках американского атомного проекта был построен и запущен первый в мире атомный реактор. А полученный Ферми и его соавторами патент правительство США принудительно выкупило у них за огромную сумму в 300 000 долларов. Впрочем, Понтекорво в это время находился уже за «железным занавесом», и свою часть вознаграждения ему получить не удалось.

У истоков экспериментальной нейтринной физики

С 1943 по 1948 год Понтекорво работает в Канаде, в городе Чак-Ривер. Его работа связана с сооружением канадского ядерного реактора. В этот период он, в частности, изучает свойства мюона (присутствующей в космических лучах элементарной частицы) и доказывает, что при распаде мюона образуется электрон. В 1946 году в отчете лаборатории в Чак-Ривер Понтекорво впервые предлагает ставший впоследствии широко известным радиохимический метод регистрации



Понтекорво у доски с «аргументами»

нейтрино, с помощью которого можно регистрировать нейтрино, порождаемые на Солнце, в ядерных реакторах и ускорителях. Как замечает в своих воспоминаниях академик С. С. Герштейн, благодаря идее радиохимического метода Понтекорво «стал отцом экспериментальной нейтринной физики». Экспертное сообщество восприняло эту идею как чрезвычайно важную, поскольку она

разрушала всеобщую убежденность в невозможности зарегистрировать свободные нейтрино в каких-либо экспериментах.

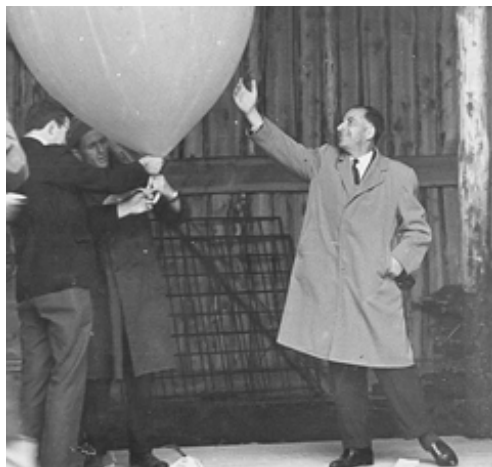
Идею Понтекорво удалось реализовать в серии опытов, осуществленных в середине 50-х годов XX века американским химиком Раймондом Дэвисом. Дэвис использовал для регистрации нейтрино, возникающих при работе ядерного реактора, хлор-аргонный метод (один из вариантов радиохимического).

Опыты Дэвиса дали отрицательный результат. Впоследствии оказалось, что причиной этого было ошибочное предположение об идентичности нейтрино и его античастицы — антинейтрино. Дэвис «настроил» свою экспериментальную установку на антинейтрино, в то время как в реакторах «производилось» нейтрино. Позже, в 70-х годах XX века, Дэвису удалось зарегистрировать нейтрино от Солнца. Поток солнечных нейтрино оказался в три раза меньше расчетного. Расхождение теории и эксперимента получало объяснение в рамках сформулированной Понтекорво неординарной гипотезы осцилляции нейтрино. Согласно этой гипотезе нейтрино разных видов могут превращаться друг в друга. Принципиальную возможность подобных взаимопревращений Бруно Понтекорво допускал еще в 1957 году. Стоит сказать, что и сам факт существования разных видов нейтрино удалось установить во многом благодаря идеям Бруно Понтекорво. При этом, допуская для нейтри-

но возможность осцилляций, физики должны были признать наличие у нейтрино массы, что противоречило сложившимся представлениям о нейтрино: его считали частицей, не имеющей массы.

Масштабные эксперименты по изучению и солнечных, и реакторных нейтрино (осуществленные уже в начале XXI столетия), подтвердили идею нейтринных осцилляций. Исследования нейтрино считаются весьма важными, о чем свидетельствуют присужденные за эти исследования три Нобелевские премии. В 1988 году лауреатами Нобелевской премии по физике за открытие мюонного нейтрино стали Леон Ледерман, Джек Стейнбергер и Мелвин Шварц. В 1995 году нобелевским лауреатом за работы по детектированию нейтрино в ядерных реакторах стал Фредерик Райнес. А в 2002 году уже упоминавшийся Раймонд Дэвис был удостоен (совместно с Масатоси Косиба) Нобелевской премии по физике «за создание нейтринной астрономии».

В «нобелевских» экспериментах в значительной степени реализовались идеи Понтекорво — идеи, которые он сам реализовать не мог. По этому поводу академик С. С. Герштейн пишет: «Ответ на вопрос, почему так получилось, очевиден, он целиком связан с условиями жизни и научной работы в тогдашнем Советском Союзе. Что касается проблемы двух нейтрино, то ее нельзя было решить в СССР из-за отсутствия соответствующего ускорителя, а о том, чтобы сделать предложение Понтекорво основой какого-либо международного эксперимента в ЦЕРНе или в научных центрах США с его участием, невозможно было по тогдашним условиям даже и подумать». Что же касается экспериментов по детектированию антинейтрино в реакторах, то здесь ситуация еще печальнее: Понтекорво не допускали к работе на реакторах. «Понтекорво, с его знаниями и мастерством, мог бы первым зарегистрировать нейтрино, — замечает С. С. Герштейн. — Но существовала непробиваемая стена, которую не мог, по-видимому, преодолеть даже И. В. Курчатов, с большим интересом относившийся к работе Понтекорво».



Перед запуском зонда.

Справа — Б. М. Понтекорво

Был ли Бруно Понтекорво информатором советской разведки?

Ответ на этот вопрос дан в исследовании, проведенном итальянским историком науки Саймоном Турчетти. Результаты исследования опубликованы в декабрьском выпуске журнала «British Journal for the History of Science» за 2003 год. (На русском языке упоминаний об этой публикации найти не удалось.)

С начала 1940-х годов в США, СССР и Великобритании реализовались национальные атомные проекты. Американская атомная бомба была взорвана в 1945 году. Советское атомное оружие было создано спустя четыре года, а в 1952 году состоялось первое испытание британской бомбы.

Важной деталью американского и британского проектов было участие большого количества физиков, уехавших из Германии и европейских стран после прихода нацистов к власти. Многие из эмигрантов были искренними сторонниками левых (в том числе коммунистических) взглядов.



Кlaus Фукс

Как стало известно в начале 1990-х годов, когда был снят гриф секретности с ряда документов Службы внешней разведки, важная роль в создании отечественной атомной бомбы принадлежала разведке. Среди ее информаторов были в том числе ученые, работавшие в рамках американского и британского атомных проектов и сообщавшие известную им секретную информацию абсолютно бескорыстно — из симпатий к СССР и убеждения в том, что секрет атомной бомбы не должен быть секретом одной страны. По мнению экспертов, добытая разведкой информация ускорила создание советского атомного оружия на несколько лет. Действи-

тельно, первая советская атомная бомба копировала американскую. Одним из таких информаторов был работавший в британском атомном центре в Харуэлле физик-теоретик Клаус Фукс, эмигрант из Германии. 4 февраля 1950 года Фукса арестовали британские спецслужбы, он дал показания о своих контактах с советской разведкой и был осужден на 14 лет тюремного заключения (в 1959 году Фукса досрочно освободили, и он уехал в ГДР, где работал в области ядерной физики). По словам Понтекорво, именно арест Фукса побудил его принять решение о переезде в СССР. Понтекорво (и, по его словам, многие из его коллег по атомному центру) не верил в причастность Фукса к «атомному

шпионажу». Он считал, что арест Фукса связан исключительно с его коммунистическими убеждениями. Клаус Фукс был уже вторым задержанным в Великобритании информатором советской разведки. Еще 4 марта 1946 года британские спецслужбы арестовали физика Алана Нанна Мэя, передавшего в СССР образцы изотопов урана и материалы, касавшиеся исследований по атомному проекту.

После неожиданного исчезновения Понтекорво в 1950 году пресса стала обвинять его в шпионаже в пользу СССР, а британские разведслужбы, соответственно, в потере бдительности. 26 февраля 1951 года британская газета «Дэйли экспресс» публикует статью Гарольда Пинчера, в которой тот заявил, что Понтекорво был «активным и фанатичным коммунистом». Пинчер писал, что в период с 1943 по 1950 год Понтекорво вступал в частые контакты с советскими агентами и передавал им те детали атомного проекта, о которых не знал Клаус Фукс. По утверждению Пинчера, предполагаемый уход Понтекорво из атомного центра в Харуэлле (и переход на должность профессора Ливерпульского университета) резко снижал его ценность как агента, и именно поэтому он получил указание выехать в СССР.

Пинчер вернулся к этой теме через три десятилетия. В 1981 и 1984 годах, основываясь, по его словам, на рассекреченных документах ФБР, он писал, что информация от ФБР о подозрениях в отношении Бруно Понтекорво не доходила до британской разведки МИ-5 из-за Кима Филби (одного из самых известных и успешных советских разведчиков, в 1949 году сотрудника Британского посольства в Вашингтоне). По словам Пинчера, именно Филби перехватывал адресованные МИ-5 донесения сотрудников ЦРУ.

Профессиональный историк науки, Саймон Турчетти считает статьи Пинчера мешаниной из разрозненных фактов и необоснованных гипотез. В то время как детальный анализ рассекреченных документов из архива ФБР, британской разведки МИ-5 и Министерства иностранных дел Великобритании версию Пинчера не подтверждает. Турчетти замечает, что Понтекорво периодически оказывался в поле зрения спецслужб. Так, в феврале 1943 года агенты ФБР провели обыск в доме Понтекорво и обнаружили там «многочисленные брошюры и книги коммунистического содержания». Однако по ряду причин эта информация не была включена в досье Понтекорво. Саймон Турчетти обращает также внимание на следующее обстоятельство. В рождественские праздники 1945 года Понтекорво (работавший, напомним, в Канаде) хотел навестить своих живущих в Италии родителей. Но Джеймс Чедвик, курировавший в американском атомном проекте британские ядерные исследования, из соображений безопасности запретил Понтекорво выезжать в Европу. В феврале 1946 года Понтекорво встречается с Чедвиком и

заявляет ему в ультимативной форме, что если запрет на его поездку снят не будет, то он перейдет на работу в один из университетов США и соответственно откажется от поступившего ему предложения работать в британском атомном проекте. В итоге Понтекорво получил нужное ему разрешение и съездил в Италию. Саймон Турчетти замечает, что ситуацию вокруг Понтекорво Чедвик упоминает в переписке с генералом Лесли Гровсом — военным руководителем американского атомного проекта. В условиях столь пристального внимания секретных служб маловероятно, что Понтекорво мог беспрепятственно поддерживать контакты с советской разведкой. Турчетти приводит и еще один факт, свидетельствующий против версии журналиста Пинчера. После ареста Клауса Фукса Понтекорво встречается с офицером безопасности Генри Арнольдом и признается в беседе с ним, что живущие в Италии его близкие родственники являются коммунистами, подчеркивая при этом, что сам он политикой не интересуется. По итогам встречи Арнольд приходит к выводу, что, хотя отчетливые политические взгляды у Понтекорво отсутствуют, с точки зрения безопасности его работа в Харуэлле связана с определенными рисками. Именно по этой причине Понтекорво и было предложено подать в отставку с должности, которую он занимал в Харуэлле, и стать профессором Ливерпульского университета. Понтекорво это предложение принимает. Однако политическое напряжение и борьба со сторонниками коммунистических взглядов усиливается, и в итоге он все же принимает решение уехать в СССР.

Литература

1. *Turbetti S.* The Pontecorvo affair: a cold war defection and nuclear physics. — Chicago ; L., 2012.
2. *Close F.* Half-life: the divided life of Bruno Pontecorvo, physicist or spy. — N. Y., 2015.
3. Булюбаш Б. В. Открытие эффекта замедленных нейтронов: страницы истории // Физика в школе. — 2015. — № 8. — С. 3—12.
4. Булюбаш Б. В. Физики и власть: об одном необычном сюжете из истории авторского права // Физика в школе. — 2016. — № 1. — С. 9—16.
5. *Turbetti S.* Atomic secrets and governmental lies: nuclear science, politics and security in the Pontecorvo case // British Journal for the History of Science. — 2003. — V. 36, № 4. — P. 389—415.
6. Покровская И. Г. «Судьба свои дары явить желала в нем...» // Понтекорво Б. Избранные труды : в 2 т. / под общ. ред. С. М. Биленького. — М., 1997. — Т. 2. — С. 244—251.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 8 за 2013 год.*

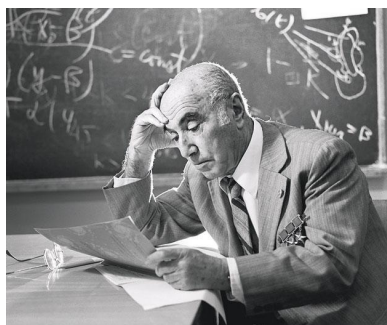
ЯКОВ БОРИСОВИЧ ЗЕЛЬДОВИЧ

Яков Борисович Зельдович родился 8 марта 1914 года в Минске в семье юриста Бориса Наумовича Зельдовича и переводчицы с французского Анны Петровны Зельдович (Кивелиович). В середине 1914 года семья Зельдовичей переезжает в Петербург. Там в 1930 году Яков Зельдович оканчивает среднюю школу и осенью того же года устраивается лаборантом в Институт механической обработки полезных ископаемых (Механобр). А в мае 1931 года начинается его научная карьера: он переходит на работу в только что образованный Институт химической физики АН СССР (ИХФ). С 1932 по 1934 год Яков Зельдович учится на заочном отделении физико-химического факультета Ленинградского университета, а в 1934 году по ходатайству директора ИХФ АН СССР Н. Н. Семенова его в порядке исключения (в связи с отсутствием высшего образования) принимают в аспирантуру ИХФ. Диплома о высшем образовании ему так и не довелось получить. На вопрос о том, мешало ли ему в жизни отсутствие вузовского диплома, Зельдович как-то ответил утвердительно, добавив, что проблема исчезла только после избрания его действительным членом АН СССР. В 1936 году Зельдович защищает кандидатскую диссертацию, а еще через три года становится доктором физико-математических наук. Его кандидатская диссертация посвящена вопросам адсорбции, докторская — окислению азота при горении и взрывах. Отметим, что на этом этапе своей научной биографии Я. Б. Зельдович активно занимается экспериментальными исследованиями.

В период Великой Отечественной войны Я. Б. Зельдович вместе с Институтом химической физики эвакуируется в Казань, продолжая заниматься теорией горения, в том числе применительно к ракетным установкам типа «Катюша». В 1943 году его привлекают к работам по разворачивающемуся в СССР атомному проекту. Один из ведущих теоретиков по созданию атомного и термоядерного оружия, Яков Борисович Зельдович трижды удостоивается высшей советской награды — звания Героя Социалистического Труда. Ему присуждаются Сталинская, Государственная и Ленинская премии. В 1946 году он становится членом-корреспондентом Акаде-



Яков Борисович
Зельдович



В рабочем кабинете

мии наук СССР, а в 1958-м — академиком.

В 1965 году академик Я. Б. Зельдович переходит на работу в Институт прикладной математики АН СССР; одновременно он занимает должность заведующего отделом релятивистской астрофизики Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга МГУ им. М. В. Ломоносова. После ухода из атомного проекта его научные ин-

тересы связаны с астрофизикой, космологией и физикой элементарных частиц.

«Открытие» Зельдовича

История появления Якова Зельдовича в Институте химической физики известна в нескольких версиях, некоторые из которых сам Зельдович с явным удовольствием пересказал в автобиографии. Так, согласно одной из легенд, Механобр отдал лаборанта Зельдовича Институту химической физики в обмен на масляный насос.

Впервые он появился в Институте химической физики, когда самого института еще не было, а был отдел химической физики в Ленинградском физико-техническом институте. В Ленинградском физтехе лаборант Механобра Яша Зельдович оказался в составе экскурсии. Проводивший экскурсию Л. А. Сена рассказывает в своих воспоминаниях о семнадцатилетнем мальчике, задававшем ему вопросы на уровне студента третьего курса: «Я отвел юношу в сторону и спрашиваю: “Вам у нас нравится?” — “Очень.” — “А вы хотели бы у нас работать?” — “Отчасти из-за этого я и на экскурсию пошел”». Вопрос с переводом был скоро решен (в действительности Зельдовича приняли на работу через биржу труда), и в Институте химической физики талант будущего академика раскрылся исключительно быстро.

Горение и взрыв

Достаточно быстро определилось и главное направление исследований Зельдовича в ИХФ — физико-химические процессы при горении и при взрыве. Как писал он позже в одной из своих статей, «языки пламени, характерные для костра, нерегулярные, случайные черты процесса свободного горения в атмосфере, полные неизъяснимой прелести, невольно привлекают внимание, надолго приковывают взгляд и мысли».

Вполне естественно, что с началом войны тематика его научной работы оказалась востребована. В Казани (куда был эвакуирован ИХФ) Зельдович среди прочего изучал физику процессов, протекающих при стрельбе из ракетных установок «Катюша». Выполненные им расчеты стали основой теории горения порохов. Разработка этой теории позволила в итоге существенно увеличить «полезную массу» — массу запускаемых ракет. Дело в том, что из-за ее отсутствия параметры двигателей ракеты подбирались полуэмпирически, однако для ракет с большой полезной массой такая методика уже не годилась. Расчеты требовали проверки в полевых условиях. Однажды на испытательном полигоне произошла авария, и лишь по счастливой случайности Зельдович не пострадал. Важность его исследований признавалась на самом высоком уровне, и именно лаборатория Якова Зельдовича стала первым подразделением Института химической физики, вернувшимся из эвакуации (но уже не в Ленинград, а в Москву)...

В довоенный период физика и химия горения и взрыва были для научного сотрудника Института химической физики Я. Б. Зельдовича не единственной сферой приложения усилий. Вечерами, в свободное от основной работы время, он занимался еще одной темой, внеплановой. Вместе с Юлием Борисовичем Харитоновым, руководившим в ИХФ лабораторией взрыва, он разрабатывал теорию ядерных цепных реакций. На фоне горения и взрыва ядерные увлечения Зельдовича и Харитона воспринимались руководством как весьма отвлеченные от нужд народного хозяйства. Как известно, ситуация коренным образом изменилась всего через несколько лет.

Атомный проект

С 1939 по 1941 год Зельдович и Харитон опубликовали несколько пионерских работ и фактически создали теорию цепной реакции деления ядер урана. Выводы, к которым они пришли (как негативные, так и позитивные) оказались исключительно важными. К негативным относится вывод о том, что цепная реакция не может протекать в природном уране (необходимо существенное увеличение доли изотопа урана ^{235}U). К позитивным — осознание роли запаздывающих нейтронов и первые оценки критической массы. Напомним, что критической массой называют такую массу изотопа ^{235}U ,



Ю. Б. Харитон и Я. Б. Зельдович

при которой в образце развивается цепная реакция деления ядер. В работах 1939—1941 годов Зельдович и Харитон оценили такую массу в 1—2 кг. В действительности она составляет 55 кг. Но правильная цифра была получена только через несколько лет — как результат работы большого научного коллектива, включавшего большие группы вычислителей. Стоит напомнить, что в то время единственными вычислительными устройствами, которыми располагали ученые, были логарифмические линейки и арифмометры.

Эти работы Зельдовича и Харитона стали последними статьями по ядерной тематике, опубликованными в открытой печати. Еще в сентябре 1939 года решение о засекречивании всех публикаций по ядерной физике было принято в Германии, а в 1941 году аналогичные ограничения были приняты в США. В СССР исследования по ядерной тематике были переведены в разряд совершенно секретных с началом работ по атомному проекту в сентябре 1942 года.

Благодаря «ядерной квалификации», приобретенной в свободное от основной работы время, Яков Борисович Зельдович и Юлий Борисович Харитон раньше других своих коллег занялись разработкой отечественного атомного оружия. Своей первой звезды Героя Социалистического Труда Я. Б. Зельдович был удостоен после испытаний советской атомной бомбы в 1949 году. А вторую и третью он получил после успешных испытаний термоядерного оружия.

Исключительно важным фактором успеха атомного проекта стало сотрудничество Якова Борисовича Зельдовича с выдающимся физиком-теоретиком Андреем Дмитриевичем Сахаровым. К работе по созданию атомного оружия А. Д. Сахаров (тогда молодой кандидат наук) был привлечен в 1948 году. Первоначально предполагалось, что Сахаров усилит группу, руководителем которой был Я. Б. Зельдович. Но именно Сахаров предложил вскоре конструкцию термоядерной бомбы, прин-



Я. Б. Зельдович, А. Д. Сахаров
и Д. А. Франк-Каменецкий

ципиально отличную от той, которая разрабатывалась под руководством Зельдовича. Следует сказать, что идеи Зельдовича основывались на информации, которую через советских разведчиков в США и Великобритании передавал участник британского атомного проекта физик Клаус Фукс. В итоге перспективным

был признан вариант Сахарова, он-то и был успешно испытан в 1952 году. Что же касается развединформации, полученной от Фукса, то она оказалась устаревшей.

Коллеги Сахарова и Зельдовича по атомному проекту отмечают в своих воспоминаниях, что конкуренция концепций Сахарова и Зельдовича не сказалась на их личных отношениях. Один из сослуживцев заметил, что у «этих двух выдающихся теоретиков были очень разные способы мышления. Сахарова отличала изобретательность и глубокая проницательность, а Зельдовича — очень “проворное” мышление и высокая эрудиция. Эти ученые создали исключительно творческий климат и Объект осиротел после их ухода в конце 60-х годов».

В 1963 году Зельдович покидает атомный проект. Он возвращается к фундаментальной науке, выбрав в качестве основного направления своих исследований космологию и астрофизику. Стоит отметить, что именно в ходе атомных проектов и в СССР, и в США сформировались лидеры, превратившие астрофизику и космологию в передовые области исследований. В СССР такими лидерами были Зельдович и Сахаров, а в США — Джон Уилер. В автобиографии Зельдович заметил, что его «работа в области теории взрыва психологически подталкивала к исследованию взрывов звезд и самого большого взрыва — Вселенной как целого».

Физика звезд

Широко известна фотография, сделанная в момент представления академика Я. Б. Зельдовича Папе Римскому Иоанну Павлу II. Зельдович преподнес Папе экземпляр своей книги «Ядра, частицы и Вселенная» и, как свидетельствуют очевидцы, произнес: «Когда я был моложе, я думал, что наука и космология в состоянии объяснить происхождение Вселенной. Теперь я не столь уверен».

После двух десятков лет активной работы «гражданским» физиком-теоретиком Я. Б. Зельдович был награжден золотой медалью им. Катарины Брус, одной из самых престижных международных наград в области астрофизики и астрономии. Как сказано в формуле присуждения, «за жизнь, отдан-



ную астрономии, и за выдающийся вклад в развитие этой науки». Одно из самых известных достижений Зельдовича в астрофизике — эффект Сюняева — Зельдовича. В статье, опубликованной в 1969 году, Рашид Сюняев и Яков Зельдович предсказали эффект рассеяния реликтового излучения горячим электронным газом, присутствующим в скоплениях галактик. Такое рассеяние должно приводить к изменениям температуры реликтового излучения. Зарегистрировав же такие изменения, мы можем выявлять неизвестные ранее галактические скопления. Так, эффект Сюняева — Зельдовича позволил обнаружить в 2008 году во время наблюдений в телескоп Южного полюса (South Pole Telescope) новый кластер галактик.

Среди выдающихся результатов, полученных Зельдовичем в астрофизике, его коллеги и ученики называют идею о возможном формировании черных дыр при коллапсе космических объектов малой массы. Именно на работы Я. Б. Зельдовича ссылался знаменитый астрофизик Стивен Хокинг в своих статьях по теории испарения черных дыр. Кстати, познакомившись с Зельдовичем, Хокинг произнес замечательную фразу: «Теперь я знаю, что вы реальный человек, а не группа ученых, подобная Бурбаки¹».

Зельдович и Сахаров

Рассказывая о Зельдовиче, нельзя не упомянуть о его взаимоотношениях с Андреем Дмитриевичем Сахаровым. Их связывала, как мы уже говорили, длительная совместная работа в атомном проекте и, соответственно, жизнь в закрытом городе Арзамасе-16. Находясь в ссылке в Горьком, академик А. Д. Сахаров вспоминал Зельдовича как своего близкого друга. И с горечью писал в воспоминаниях об отсутствии его поддержки в трудные для Сахарова минуты.

Ученики и коллеги Зельдовича считают, что общественную активность Сахарова Зельдович не принимал. Судя по всему, он был сторонником теории малых дел и свой исключительно высокий социальный статус и влияние постоянно использовал для поддержки своих учеников и учеников своих коллег: выбивал для них прописку в Москве, устраивал на работу, помогал получать комнаты и квартиры. Таким образом он помогал науке, к которой относился с присущей ему страстностью, и считал, что занятия наукой совершенствуют и разум человека и его душу. Общественная деятельность, которой с не меньшей страстностью занимался академик Сахаров, по мнению Зельдовича, отнимала Сахарова у науки.

¹ Никола Бурбаки — псевдоним, под которым группа французских математиков публиковала изложение различных математических теорий.

Критиковать власть Зельдович себе не позволял... впрочем, по крайней мере двое из его коллег вспоминают реплики Якова Борисовича о собственной причастности к Корейской войне — в том смысле, что, если бы атомная бомба не была создана, войны бы не было. Но главное — академик Зельдович не подписал ни одного письма с осуждением антисоветских поступков академика Сахарова. А в научных и научно-популярных статьях он ссылаясь на статьи А. Д. Сахарова. Сохранение этих ссылок при подготовке статей к печати сопровождалось многочисленными конфликтами и стоило ему больших усилий.

Зельдович и Ландау

Страстность в отношении к науке и к делу, которым занимался Яков Зельдович, нередко становилась причиной конфликтов. Известный историк советской физики Геннадий Горелик предполагает, что Зельдович мог быть избран действительным членом Академии наук еще на выборах 1953 года и что основной причиной его неизбрания было отсутствие поддержки со стороны Льва Ландау. Гипотеза Горелика основывается на воспоминаниях академика И. М. Халатникова, рассказывавшего, что в начале 1950-х годов Зельдович, не известив об этом самого Ландау, договаривался с руководством о расширении участия Ландау в работах по атомному проекту. Узнавший об этом Ландау встретился с Зельдовичем... разговор был крайне жестким, после чего в кругу коллег Ландау высказывался в адрес Зельдовича в крайне нелицеприятных выражениях. Эта версия подтверждается запомнившейся одному из коллег Ландау его репликой (перед выборами в АН СССР 1958 года), что он решил голосовать за Зельдовича. На вопрос изумленного собеседника, с чем могут быть связаны сомнения, Ландау ответил, что сомнения носят не научный, а моральный характер и что Зельдович предоставил ему все необходимые разъяснения.

Критика и признание

Но считала ли власть Зельдовича безусловно лояльным человеком? Судя по всему, не считала. Известны по крайней мере два случая, когда Зельдович становился объектом критики со стороны властных или близких к ним структур. Первый случай связан с отмененным в последний момент совещанием 1949 года, которое предполагалось посвятить разгрому идеалистических взглядов в советской физике. Совещание планировалось провести по образцу печально известной сессии ВАСХНИЛ, на которой под предлогом несоответствия марксистско-ленинскому учению была фактически уничтожена отечественная генетика. Одним из объектов критики на совещании должен был стать и Я. Б. Зельдович

за... негативный прогноз в отношении возможности создания атомного оружия. В тексте доклада, который предполагалось заслушать на совещании, говорилось: «Публичный прогноз Семенова, Зельдовича и Харитона о невозможности использования атомной энергии накануне применения бомбы — тяжелейшее пятно на репутации этих ученых и всего института». Автор доклада (один из сотрудников Института химической физики) не подозревал, что упоминаемые им ученики Н. Н. Семенова имеют к атомной бомбе самое непосредственное отношение.

Второй случай был намного серьезнее. В записке, подготовленной инструктором отдела науки ЦК КПСС в связи с предстоящими в 1958 году выборами в Академию наук, физики были разделены на две группы: на философски выдержанных и философски подозрительных. Зельдович попал во вторую группу (в неплохой компании с будущими нобелевскими лауреатами И. Е. Таммом, Л. Д. Ландау и В. Л. Гинзбургом). Инструктор указывал, что, игнорируя мнение отдела науки ЦК КПСС, И. В. Курчатов добился персонально для члена-корреспондента Я. Б. Зельдовича открытия дополнительной вакансии для избрания его в академики. В качестве негативных качеств Зельдовича отмечалось, в частности, «нигилистическое отношение к методологическим проблемам».

Однако в аппаратной борьбе с непослушными физиками инструктор ЦК проиграл; выиграло же сплоченное ядерно-академическое сообщество. Физики умело использовали прагматическую ориентацию руководителей СССР, которых предстоящее испытание сверхмощной термоядерной бомбы заботило куда больше, нежели «методологический нигилизм». В июне 1958 года Я. Б. Зельдович был избран академиком АН СССР.

Успевший получить и признание государства, и признание научного сообщества, Яков Борисович Зельдович, тем не менее, вполне обо-



Я. Б. Зельдович (справа)
в президиуме международного конгресса

снованно считал, что это признание могло бы быть существенно большим. В автобиографическом послесловии к сборнику своих трудов он с нескрываемым сожалением пишет о собственном невнимании к «пропаганде своих результатов за рубежом». Имея в виду свои доверенные исследования и то, что некоторые статьи были

опубликованы в советских научных журналах, не издававшихся на иностранных языках, Зельдович замечает: «Мне в голову не приходило посылать свои оттиски иностранным ученым», — и добавляет: «Виновато было время. Но виноваты были, быть может, в какой-то мере и старшие товарищи, которые должны были больше заботиться о живых связях». Он упоминает об удивлении американских ученых, узнавших в августе 1949 года об успешном испытании советской атомной бомбы, замечая, что «удивление в США было бы меньше, если бы они читали наши работы предвоенных лет, опубликованные на русском языке». В связи с атомным проектом Зельдович вспоминает свои работы по химической физике: «Наука о взрыве и теория детонаций также являются необходимой частью тех знаний, без которых нельзя решить проблему». Он указывает, что еще в 1940 году разработал одномерную теорию детонаций и сделал это на три года раньше знаменитого математика Джона фон Неймана. В 1993 году издательство Принстонского университета выпустило в свет два тома избранных статей выдающегося советского физика Якова Борисовича Зельдовича. К сожалению, этого он уже не увидел.

*Впервые было напечатано в журнале
«Потенциал: Математика. Физика. Информатика» № 3 за 2014 год.*

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие автора</i>	3
Николай Коперник	5
Иоганн Кеплер	14
Роберт Бойль: наука и жизнь	24
История лейденской банки — первого электрического конденсатора.	30
Джеймс Уатт	42
Томас Юнг	49
Кристиан Доплер.	57
Вильгельм Вебер	64
История измерений механического эквивалента теплоты в опытах Джеймса Джоуля	73
Вильгельм Конрад Рентген	82
История микроскопа от Роджера Бэкона до Роберта Коха	93
Антуан Анри Беккерель	99
К 150-летию академика Б. Б. Голицына	106
Георгий Викторович Вульф	111
Поль Ланжевен.	118
О зеркальных молекулах, оптической активности и загадке происхождения жизни	125
Дьердь (Георг) Хевеши	131
Эрвин Шрёдингер	139
Михаил Александрович Леонтович	149
Павел Алексеевич Черенков	158
Бруно Понтекорво	166
Яков Борисович Зельдович.	177

Рассказывая короткие истории о жизни людей науки и об эволюции вдохновлявших их идей, Б. В. Булюбаш в своей книге «Из истории физики: портреты и сюжеты» ненавязчиво, с трепетной осторожностью дает читателю возможность прикоснуться к той деятельности, которая большинству людей незнакома. Именно для этого большинства книга и представляет основной интерес, показывая неспециалисту, как создается естественно-научная часть человеческой культуры. Вместе с тем книга, без сомнения, полезна и той малой части людей, в основном молодых, которые собираются связать (или даже еще не знают о том, что свяжут) свою жизнь с естественно-научными исследованиями. Ценным пособием книга может стать также для учителей и педагогов, призванных ввести молодежь в сферу науки.

Не исключено, что и любителей беллетристики книга Б. В. Булюбаша привлечет неожиданными сюжетами и фактами, которые стали известны недавно или еще не перенесены в интернет-источники и к тому же изложены в равнодушной манере и хорошим литературным языком. Надеюсь, что все эти категории читателей смогут почувствовать восхищение автора людьми науки и их идеями и желание поделиться узанным с окружающими. В последнем и состоит неясная цель книги.

Вл. В. Кочаровский, член-корреспондент РАН

Научно-популярное издание

БУЛЮБАШ Борис Викторович

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ: ПОРТРЕТЫ И СЮЖЕТЫ

Редакторы *И. А. Кокорина, Н. Н. Кралина*
Технический редактор *Д. П. Семенова*
Компьютерная верстка *А. А. Ереминой*

Подписано в печать 27.05.2016 г.
Формат 60 x 90 1/16. Усл. печ. л. 11,75. Уч.-изд. л. 11,1.
Тираж 250 экз. Заказ № 65 (2016).

Отпечатано в типографии ФИЦ «Институт прикладной физики РАН»,
603950 Н. Новгород, ул. Ульянова, 46