

Митчел
Уилсон

АМЕРИКАНСКИЕ УЧЕНЫЕ И ИЗОБРЕТАТЕЛИ

БЕНДЖАМЕН ФРАНКЛИН
ЭЛИ УИТНИ
СЭМЮЭЛ МОРЗЕ
ЧАРЛЬЗ ГУДИЙР
АЛЕКСАНДР БЕЛЛ
ТОМАС ЭДИСОН
УИЛЛАРД ГИББС
АЛЬБЕРТ МАЙКЕЛЬСОН
РОБЕРТ МИЛЛИКЕН
БРАТЯ РАЙТ
ЛИ ДЕ ФОРЕСТ
ИРВИНГ ЛАГМЮР



АМЕРИКАНСКИЕ УЧЕНЫЕ И ИЗОБРЕТАТЕЛИ

Митчел Уилсон

Издательство

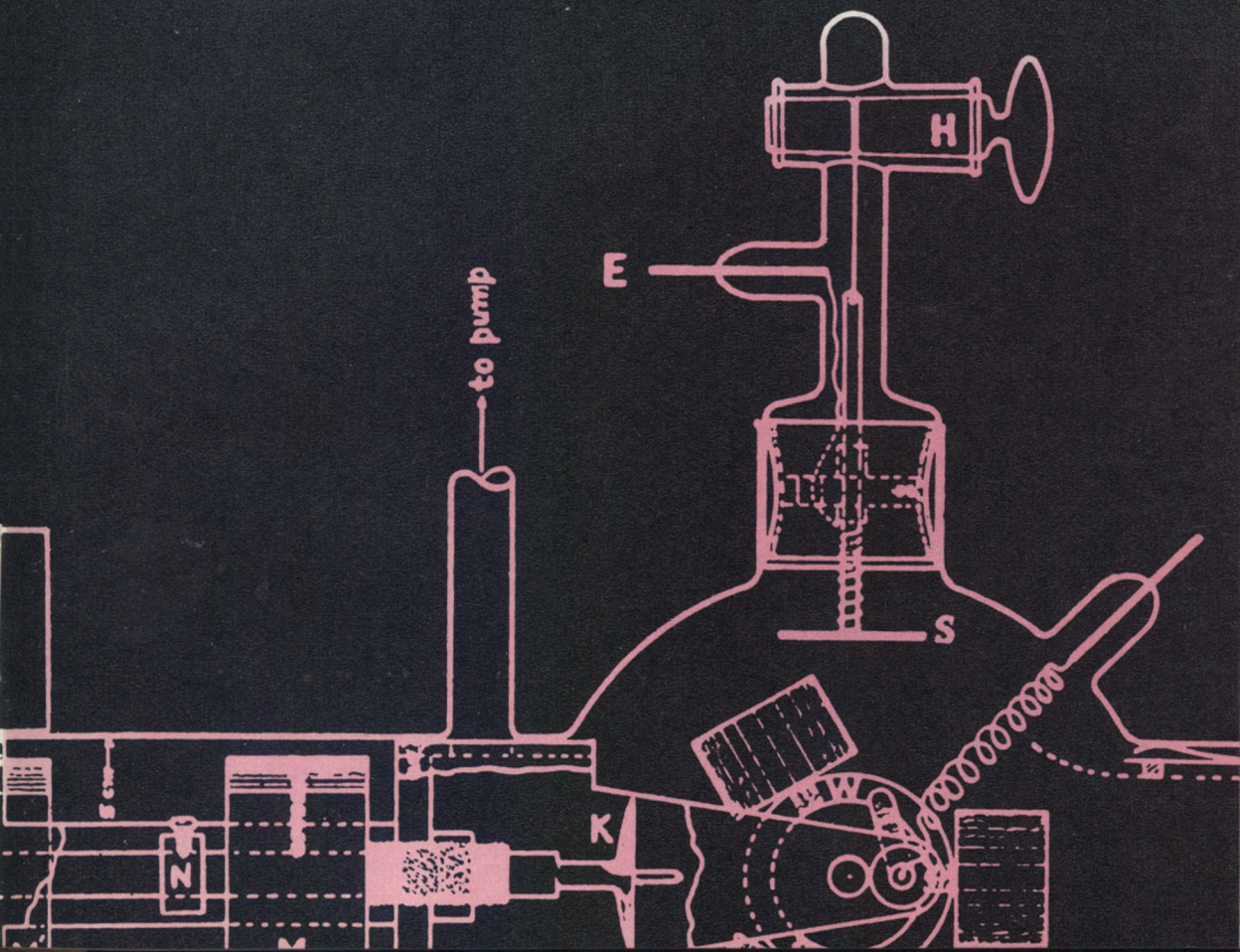
„ЗНАНИЕ“

Москва

1975

РОБЕРТ МИЛЛИКЕН

ROBERT
MILLIKAN
1868~1953





Ученый поневоле

В конце весны 1889 года профессор Джон Ф. Пек, который читал лекции по греческому языку в небольшом колледже Оберлин (штат Огайо), обратился к одному из студентов, изучавших классические языки и литературу, с просьбой подучить физику, чтобы на будущий год преподавать элементарный курс этой науки.

— Но я не знаю физики.

— Каждый, кто хорошо усваивает греческий, может преподавать физику.

— Хорошо, — сказал студент, — но за все последствия отвечаете вы.

Последствиями оказались два наиболее фундаментальных исследования в области физики XX века. Милликен ответил профессору согласием, так как нуждался в деньгах. К изучению классики он не вернулся.

Роберт Милликен родился в 1868 году в штате Иллинойс в семье священника. Его детство прошло в небольшом, стоявшем на берегу реки, городке Маквокета (штат Айова). «Мой отец и мать воспитали шестерых детей — трех девочек и трех мальчиков, живя на жалование священника небольшого городка в тысячу триста долларов в год, — рассказывал он. — Мы носили

костюмы и платья из синей бумажной ткани и ходили босиком, начиная с окончания школы в мае и до начала занятий в сентябре. Зимой мы, мальчики, распиливали ежедневно десять четырехфутовых бревен. Так продолжалось до тех пор, пока мы не напиливали десять кордов¹ дров. Во время каникул по утрам мы должны были работать в саду, но после обеда у нас было свободное время для игр».

Дети плавали в реке, играли в бейсбол, два раза в день доили коров, вставали в три часа ночи, чтобы встретить бродячую цирковую труппу, выучились крутиться на самодельных параллельных брусьях и никогда не слышали о том, что взрослый человек может заработать себе на жизнь, проводя время в лаборатории и работая над какой-то физикой. Для них слово «физика» связывалось с понятием о слабительном².

Курс физики в средней школе Маквокеты вел сам директор, который в летние месяцы занимался главным образом поисками подземных вод при помощи раздвоенного орехового прутика и уж во всяком случае не очень-то верил во всю эту ерунду, напечатанную в учебнике: «Как это можно из волн сделать звук? Ерунда, мальчики, это все ерунда!» Но зато учителя алгебры Милликен с уважением вспоминал всю жизнь.

Когда ему исполнилось восемнадцать, он поступил в Оберлинский колледж — брат его бабушки был одним из основателей этого учебного заведения. На втором курсе колледжа он вновь прослушал курс лекций по физике, которые были ничуть не веселее тех, что ему читали в средней школе. Навыки в спортивных играх и атлетике, приобретенные в детстве на задних дворах, помогли ему получить место преподавателя гимнастики, а доход от преподавания физики в средней школе еще более укрепил его финансовое положение.

Милликен, надо сказать, добросовестно относился к своим преподавательским обязанностям. Чтобы идти впереди своих учеников, он

¹ Корд равен 3,63 кубометра.

² В американской разговорной речи слово «physic», созвучное со словом «физика», означает «слабительное».

В 1908 году Роберту Милликену еще предстояло достичь выдающихся результатов в исследовании электрона. Тогда ему было 40 лет. Двое его сыновей. Кларк и Гленн, тоже впоследствии стали учеными.



изучал все учебники, какие только мог достать. В то время в американских колледжах было всего две книги по физике — переведенные с французского языка работы Гано и Дешанеля.

При таких обстоятельствах Милликен действительно хорошо изучил предмет.

По окончании колледжа в 1891 году Милликен продолжал преподавать физику в Оберлине, получая небольшое жалованье. Он был вынужден заниматься этим, ибо, как говорил он сам, «в тот год депрессии никакой вакансии не было». Однако преподаватели Оберлина значительно серьезнее относились к роли Милликена в науке, чем он сам, и без его ведома направили его документы в Колумбийский университет. Ему была предложена стипендия, и Милликен поступил в университет, ибо другой возможности получать регулярно 700 долларов у него не было. В Колумбийском университете он впервые встретился с людьми, глубоко интересовавшимися физикой. Милликен решил последовать их примеру и попытаться стать настоящим ученым, несмотря на то, что уже много лет терзался сомнениями относительно своих способностей.

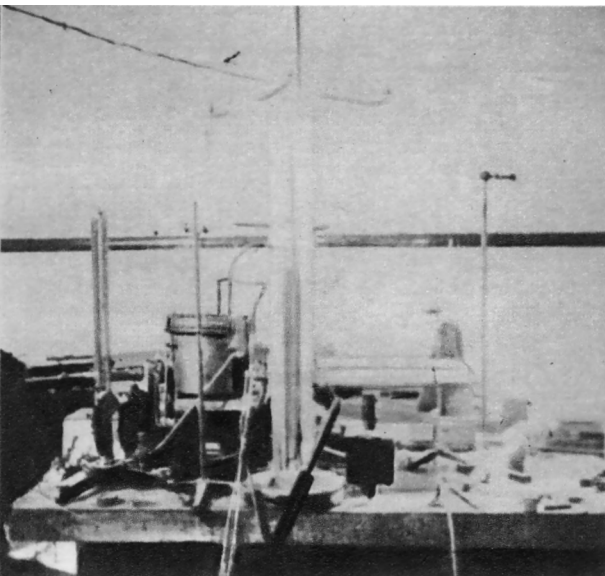
В 1893 году наука в Америке была отсталой. Только люди, получившие образование в Европе, хорошо представляли себе, как именно следует вести научно-исследовательскую работу. На физическом факультете Колумбийского университета был только один такой человек — профессор Майкл Пьюпин, получивший образование в Кембридже. Милликен говорил: «Слушая курс оптики, который читал доктор Пьюпин, я все больше удивлялся. Впервые в жизни я встретил человека, который настолько хорошо знал аналитические процессы, что, не готовясь к занятиям, приходил ежедневно в аудиторию и излагал свои мысли в виде уравнений. Я решил попытаться научиться делать то же самое».

Когда срок стипендии, назначенный Милли-

кену для изучения физики, истек, она не была возобновлена: Пьюпин предпочел Милликену другого кандидата.

Когда до Пьюпина дошло, что Милликен остался без всяких средств, он, наконец, заинтересовался им всерьез. На следующий год именно по настоянию Пьюпина Милликен решил поехать учиться в Германию. Милликену пришлось признаться, что у него нет средств, и Пьюпин дал ему взаимны необходимые суммы. Пьюпин хотел подарить ему эти деньги, но Милликен не согласился и вручил Пьюпину расписку в получении денег.

Перед самым отъездом Милликен встретился еще с одним человеком, сыгравшим значительную роль в его жизни. Во время летней сессии Милликен побывал в недавно открытом Чикагском университете, где познакомился с А. А. Майкельсоном. Ни один человек никогда не производил на молодого ученого столь сильного впечатления.



Милликен находился в Европе, когда за серией экспериментальных работ последовал грандиозный взрыв всех классических теорий. В 1895 и 1896 годах прозвучали в науке имена Беккереля, Рентгена, Кюри и Томсона.

Брожение еще продолжалось, когда летом 1896 года Милликен получил от А. А. Майкельсона телеграмму с предложением занять место ассистента в Чикагском университете. Миллику было тогда 28 лет. «Я отдал мою одежду вместе с чемоданом в заклад капитану одного из судов Американской транспортной линии, заверив компанию, что я выплачу капитану стоимость проезда в Нью-Йорке и только после этого приду за вещами».

Следующие двенадцать лет Милликен провел в обстановке неутомимой научной активности, характерной для Чикаго в начале века. Чикагский университет собрал в своих стенах молодых людей, которых в скором времени ожидала широкая известность: астронома Джорджа Гейля, историка Джеймса Брестеда, экономиста Стефена Ликока, Роберта Ловетта и многих, многих других. В одном пансионе с Милликоном проживали двое юношей: Торстейн Веблен и Гарольд Икс.

Установка Милликена для измерения заряда электрона дала столь убедительные результаты, что последние противники теории атомного строения материи вынуждены были сдаться.

Первые годы, проведенные в Чикаго, Милликен посвятил написанию удобоваримых американских учебников по физике и заботам о своей молодой семье. Майкельсон взвалил на него всю преподавательскую работу, которая не соответствовала нраву старика.

Милликен начал серьезно заниматься научно-исследовательской работой, когда ему было почти сорок лет. Проблемы для исследования обычно выбирались им из числа тех, которые так потрясли ученый мир, когда он еще был в Европе. Милликен, поневоле ставший физиком, поставил два эксперимента, которые и поныне являются классическим образцом изящества замысла и выполнения. Он заслужил полученную им Нобелевскую премию.

Таинственное четвертое состояние материи

Вспоминая свою жизнь, Милликен говорил, что больше всего ему повезло, когда Пьюпин не взял его своим ассистентом. Если бы это произошло, Милликен никогда не попал бы за границу и не оказался бы в Европе, когда современная физика только начиналась по-настоящему.

4 января 1896 года Вильгельм Конрад фон Рентген выступил с докладом в Вюрцбурге на заседании Вюрцбургского физико-математического общества, а затем повторил доклад в Берлине на ежегодной конференции Германского физического общества. Его сообщение явилось сенсацией для двух наук: Рентген рассказал об открытии совершенно новой формы радиации, позволившей ему фотографировать предметы сквозь непрозрачные твердые экраны. Он продемонстрировал фотографию частей своего собственного живого скелета — костей руки.

Для медицинского мира лучи Рентгена были чудом, которое следовало немедленно по-

ставить на службу диагностике. Для мира физики в тот момент гораздо важнее было объяснение явления, нежели его применение. Поиски этого объяснения и явились впоследствии первым прыжком в атомный и субатомный мир.

Чудесные лучи, открытые Рентгеном, имели уже по крайней мере сорокалетнюю историю в европейской науке. В 1863 году французский физик Массон направил электрическую искру высокого напряжения на стеклянный сосуд, из которого был выкачан почти весь воздух. Сосуд внезапно наполнился ярким неземным пурпурным свечением.

В 60-е и 70-е годы прошлого века Гитторф и Крукс¹ продолжили изучение этого необычного явления. Изобретение совершенного вакуумного насоса, помогшего Эдисону создать лампочку накаливания, дало возможность Круксу наблюдать таинственное зарево в вакууме при все уменьшающемся давлении. Характер свечения менялся при уменьшении давления в сосуде сначала до одной сотой, а потом и до одной тысячной атмосферы. Оно сначала стало еще ярче, затем рассыпалось на отдельные сгустки света и, наконец, потускнело и совсем исчезло. Когда в сосуде создавался достаточно большой вакуум, свечение пропадало, но зато стеклянные стенки сосуда начинали излучать призрачный зеленоватый свет.

Трубка Крукса по форме напоминала большую грушу, на обоих концах которой он впалял металлические пластинки. Крукс установил, что свечение в трубке объясняется прохождением лучей через вакуум между двумя металлическими дисками — электродами, когда металлические пластинки соединяли с источником высокого напряжения. Лучи назвали катодными лучами, а сосуд — катодной лучевой трубкой.

Крукс также заметил, что таинственные лучи, казалось, имеют массу и скорость. Однако природы этих лучей он не понимал и считал

их «четвертым состоянием материи», в отличие от жидкого, газообразного и твердого.

В дальнейшем установили, что катодные лучи имеют электрическую природу, так как магнит, поднесенный к трубке, отклонял поток лучей. Так же действовал на них и электрический ток. Другие исследователи доказали, что катодные лучи можно направить за пределы трубки, если поставить на их пути тонкую пластинку из алюминиевой фольги. Однако в воздухе катодные лучи распространялись на очень небольшое расстояние.

Некоторые физики полагали, что «четвертое состояние материи» было не чем иным, как таинственной эктоплазмой, описанной спиритам. На время резко возрос спрос на духов.

Осенью 1895 года Конрад фон Рентген проводил опыты с трубкой Крукса, плотно завернутой в черную бумагу, чтобы излучение не вырвалось наружу. Совершенно случайно он заметил, что в темной комнате «бумажный экран, промытый цианидом платины и бария, ярко загорается и флуоресцирует, независимо от того, обработанная или же обратная сторона экрана обращена к разрядной трубке».

Бумажный экран помещался на расстоянии почти в шесть футов от аппарата. Рентген знал, что катодные лучи заставляют флуоресцировать обработанный этим раствором экран, но на такое расстояние катодные лучи никогда не проникали! Он обнаружил вскоре, что все вещества в той или иной степени проницаемы для этих таинственных новых лучей. Только свинец оказался непрозрачным для них.

Рентген заметил также, что лучи эти засвечивали сухие фотопластинки и пленку, и это позволяло применять лучи для фотосъемки. Он добрался и до источника лучей. Они возникали в том месте на поверхности стекла, на которое падали катодные лучи при высоком напряжении. Рентген тогда заявил, что новые лучи можно получить, направив катодные лучи на твердое тело. Чтобы подтвердить это, он сконструировал трубку, излучавшую более интенсивный поток новых лучей, которым за неимением лучшего он дал название «икс-лучи» (X — неизвестное).

Уже через несколько месяцев после сооб-

¹ Крукс Уильям (1832—1919) — английский физик и химик. Открыл элемент таллий. Изучал физические явления при прохождении электрического тока через разреженные газы в разрядных трубках.

жения Рентгена его трубка нашла разнообразное применение в медицине для обследования переломов, глубоких ранений и внутреннего строения человеческого тела.

Научные журналы ведущих стран были заполнены статьями физиков, повторявших опыты Рентгена и каждый раз по-новому объяснявших это явление. Сам Рентген все еще не понимал сущности своего открытия и говорил, что это «продольные вибрации в эфире».

Открытие Рентгена заставило многих физиков более тщательно исследовать явление флуоресценции.

Радиоактивность и фотоэлектрический эффект

Месяц спустя Анри Беккерель поставил опыт, исследуя флуоресцирующие свойства двойного сульфата урана и калия. Когда некоторые вещества, после того, как их подержали на свету, начинали светиться в темноте, про них говорили, что они флуоресцируют. Было известно множество таких веществ, и одним из них был примененный Беккерелем уран.

В эксперименте Беккереля урановая соль сначала подвергалась действию солнечного света, а потом измерялись ее флуоресцирующие свойства. Как-то испортилась погода, и Беккерель отложил препарат на сторону на несколько дней. Совершенно случайно соль оказалась в одном ящике стола с горкой фотографических пластинок. Второй случайностью было то, что Беккерель решил проверить фотопластинки перед возобновлением опыта.

Он проявил первую пластинку, лежавшую сверху, и, к своему удивлению, обнаружил, что она засвечена, причем засвеченное пятно имело такую форму, словно что-то отбрасывало при засвечивании тень на пластинку. Ища объяснение, Беккерель обнаружил, что если рассматривать пятно с некоторой долей воображения оно начинает напоминать по форме металлический диск, в котором хранилась урановая соль. Случись это раньше, Беккерель выбросил бы пластинку и забыл про нее. Но шум вокруг икс-лучей заставил всех физиков насторожиться. Беккерель решил разобраться в происходящем до конца.

Он вновь выставил урановую соль на солнечный свет, а потом поместил ее в темный ящик стола поверх фотопластинки, завернутой в черную бумагу. И снова урановый сульфат засветил пластинку.

В течение нескольких месяцев Беккерель казалось, что для того, чтобы засветить пластинку, сульфат урана нужно предварительно подержать в солнечных лучах.

Но вскоре он обнаружил, что препарат уранового сульфата, и не будучи подвергнут действию солнечного света, засвечивает пластинку с меньшей интенсивностью. Явление казалось таинственным, непостижимым. Затем Беккерель открыл, что чистый уран, не являвшийся флуоресцирующим веществом, производит еще более сильное действие на фотопластинку, чем урановое соединение, так что флуоресценцию можно было сбросить со счетов. Далее Беккерель обнаружил, что эти невидимые лучи, испускаемые ураном, обладали свойством разряжать тела, несущие электрический заряд. То же свойство открыл Рентген и у икс-лучей. Беккерель назвал это неизвестное до той поры явление «радиоактивностью».

Лучи Беккереля (их назвали именно так) были столь же удивительны, как и рентгеновские лучи, и вызывали у физиков равный интерес. Два ассистента Беккереля — Пьер Кюри и его жена Мария стали разрабатывать эту проблему. По прошествии некоторого времени они обнаружили, что существуют два других химических элемента с теми же свойствами. Оба они не были ранее известны науке. Один из них был назван полонием — в честь родины г-жи Кюри, другой — радием.

Казалось, что великие классические теории физики потрясены до самого основания. Физики полагали, что икс-лучи опровергают законы Максвелла, но потом Рентген доказал, что они не противоречат эфирной теории, так как обладают нормальными оптическими свойствами — отражением, рефракцией и интерференцией. Явление радиоактивности, замеченное Беккерелем, казалось, означало конец красивой теории сохранения энергии. Каким образом вещество без усталости вырабатывает энергию, по всей очевидности, никак не пополняя ее запасов?

Любопытное открытие было сделано в 1887 году. Генрих Герц обнаружил, что ультрафиолетовый свет, падая на электрод, который присоединен к цепи с высоким напряжением, заставляет искру отскакивать значительно дальше. Дж. Дж. Томсон доказал, что это происходит из-за того, что ультрафиолетовый свет создает на поверхности металла отрицательный заряд. Явление получило название «фотоэлектрический эффект».

Открытие икс-лучей заставило физиков не только пристальнее присмотреться к явлению флуоресценции, но и побудило их вернуться к природе катодных лучей. Существовали две точки зрения. Немецкие ученые полагали, что катодные лучи в трубке представляют собой вибрации в эфире. Английские физики склонны были считать эти лучи заряженными электричеством частицами, как это предсказывал Бенджамин Франклин. Выдающимся выразителем английской школы был Дж. Дж. Томсон.

В 1897 году Томсон опубликовал классическую статью под названием «Катодные лучи», в которой он сделал обзор всех опытов с катодными лучами. Статья включала также описание некоторых из его собственных опытов. Он пришел к выводу, что катодный луч — это на самом деле поток движущихся при высоком напряжении отрицательно заряженных частиц гораздо меньшего размера, чем самый малый атом. Используя предложенное Стони название, Томсон дал этой частице имя «электрон». Он утверждал, что фотоэлектрический эффект есть не что иное, как выбивание этих электронов из металлической поверхности лучом ультрафиолетового света. Томсон настаивал и на том, что электрон был также составной частью лучей Беккереля.

Утверждение Томсона казалось фантастическим целому поколению ученых, которые не хотели признавать гипотезу, что материя состоит из атомов. Предположение, что существует частица еще меньшая, чем атом, вызвало бурю. Некоторые ученые были готовы согласиться с тем, что электричество — это поток очень маленьких частиц, имеющих электрический заряд, но еще надо было доказать, что каждая такая частица обладала определенной массой и опре-

деленным электрическим зарядом. Нужно было провести опыт, чтобы раз и навсегда доказать, что электроны существуют на самом деле.

В 90-х годах прошлого века был все же один немецкий ученый, который не разделял эфирную теорию икс-лучей. Его звали Альберт Эйнштейн. На этого ученого произвел глубокое впечатление опыт Майкельсона с интерферометром. И еще один немец возражал против эфирной теории — Макс Планк¹. Он сделал в равной степени радикальное предположение: лучевую энергию, т. е. свет, следует представлять в виде «квантов», или мельчайших частиц. Эйнштейн использовал квантовую теорию Планка для объяснения фотоэлектрического эффекта и составил изумительное по красоте суммирующее уравнение. Но в то время мысли Эйнштейна о фотоэлектрическом эффекте не встретили доверия.

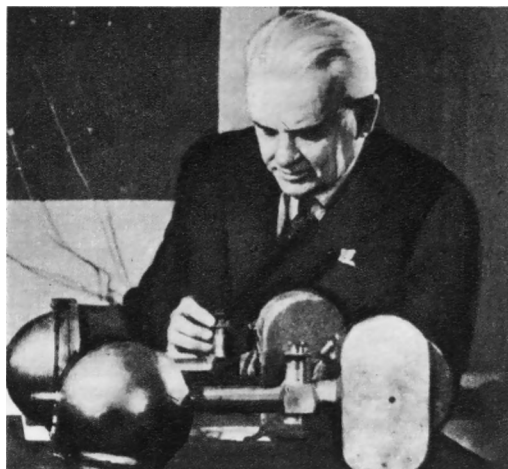
Милликен — один из немногих американских аспирантов, работавших тогда в Европе, — был тем человеком, которому суждено было после долгих лет трудов и раздумий поставить два важнейших эксперимента эпохи: один опыт подтвердил правильность электронной теории Томсона; второй дал доказательство теории фотоэлектрического эффекта Эйнштейна и того, что квантовая теория — нечто большее, чем «бред» математика.

Электрон на капле масла

«К концу первого десятилетия, проведенного в Чикагском университете (1906 год), я все еще был преподавателем-ассистентом, — писал Роберт Милликен. — У меня росло двое сыновей. Я начал строить дом, рассчитывая оплатить расходы за счет моих гонораров, но я знал, что до сих пор не занимал сколько-нибудь заметного места среди физиков-исследователей».

Учебник, над которым он работал, был уже в издательстве. Наконец он смог приступить

¹ П л а н к Макс Карл Эрнст Людвиг (1858—1947) — великий немецкий физик, лауреат Нобелевской премии. Один из основателей квантовой механики.



В вакуумной «парикмахерской» Милликена резец (К) шлифовал поверхность металлических пластин, укрепленных на вращающемся диске.

В 1931 году Майкельсон и Эйнштейн посетили Милликена. Майкельсон подтвердил теорию относительности Эйнштейна; Милликен доказал его квантовую теорию света.

к интенсивной исследовательской работе. В его ученой карьере начался новый этап.

«Все физики интересовались величиной электрического заряда электрона, и, тем не менее, до сих пор не удалось ее измерить...»

Много попыток провести это решающее измерение уже предпринял Дж. Дж. Томсон, но прошло десять лет работы, и ассистент Томсона Г. Вильсон сообщил, что после одиннадцати различных измерений они получили одиннадцать различных результатов.

Прежде чем начать исследования по своему собственному методу, Милликен ставил опыты по методу, применявшемуся в Кембриджском университете. Теоретическая часть эксперимента заключалась в следующем. Масса тела определялась путем измерения давления, производимого телом под воздействием силы тяжести на чашу весов. Если сообщить бесконечно малой частице вещества электрический заряд и если приложить направленную вверх электрическую силу, равную силе тяжести, направленной вниз, то эта частица будет находиться в состоянии равновесия, и физик может рассчитать величину электрического заряда. Если в данном случае частице будет сообщен электрический заряд одного электрона, можно будет высчитать величину этого заряда.

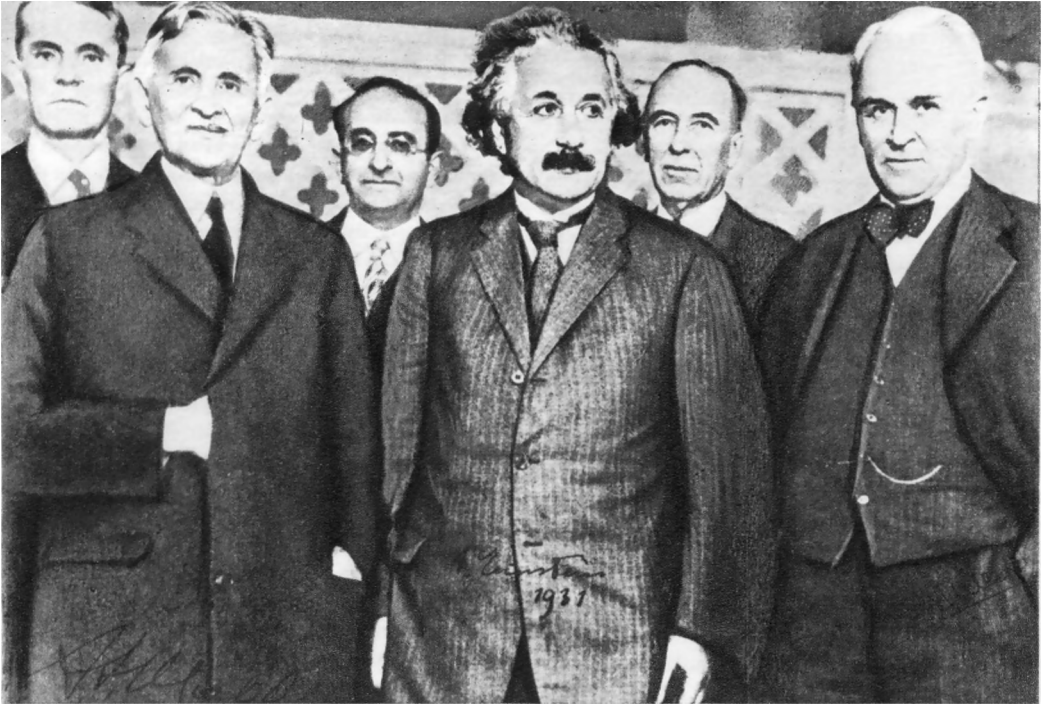
Кембриджская теория была вполне логичной, но физики никак не могли создать при-

бор, при помощи которого можно было бы заниматься исследованиями отдельных частиц веществ. Им приходилось довольствоваться наблюдением за поведением облака из водяных капель, заряженных электричеством. В камере, воздух из которой был частично удален, создавалось облако пара. К верхней части камеры подводился ток. Через определенное время капельки тумана в облаке успокаивались. Затем сквозь туман пропускали икс-лучи, и водяные капли получали электрический заряд.

При этом исследователи полагали, что электрическая сила, направленная вверх, к находящейся под высоким напряжением крышке камеры, должна якобы удерживать капли от падения. Однако на деле не выполнялось ни одно из сложных условий, при которых, и только при которых, частицы могли бы находиться в состоянии равновесия.

Милликен начал искать новый путь решения проблемы. Дело было не в аппарате, а в том, как им пользоваться. Он внес в его конструкцию ряд небольших изменений, которые «впервые позволили провести все измерения на одной и той же отдельной капельке».

«В качестве первого шага в области усовершенствования в 1906 году сконструировал небольшую по габаритам батарею на 10 тысяч вольт (что само по себе было в то время немалым достижением), которая создавала поле, достаточно сильное для того, чтобы удерживать верхнюю поверхность облака Вильсона в подвешенном, как «гроб Магомета», состоянии. Когда у меня все было готово и когда образовалось облако, я повернул выключатель, и облако оказалось в электрическом поле. В то же мгновение оно на моих глазах



растаяло, другими словами — от целого облака не осталось и маленького кусочка, который можно было бы наблюдать при помощи контрольного оптического прибора, как это делал Вильсон и собирался сделать я. Как мне сначала показалось, бесследное исчезновение облака в электрическом поле между верхней и нижней пластинами означало, что эксперимент закончился безрезультатно... Однако, повторив опыт, я решил, что это явление гораздо более важное, чем я предполагал. Повторные опыты показали, что после рассеивания облака в мощном электрическом поле на его месте можно было различить несколько отдельных водяных капель».

Создавая мощное электрическое поле, Милликен неизменно рассеивал облако. От него оставалось очень небольшое число частиц, масса и электрический заряд которых находились в идеальном равновесии. На самом деле, именно те капли, которые были теперь удалены

из камеры, нарушали все предшествовавшие измерения.

«Я наблюдал при помощи моего короткофокусного телескопа за поведением этих находящихся в равновесии капелек в электрическом поле. Некоторые из них начинали медленно двигаться вниз, а затем, постепенно теряли вес в результате испарения, останавливались... поворачивались... и медленно начинали двигаться вверх, так как сила тяжести все уменьшалась вследствие испарения... Если электрическое поле внезапно исчезало, все находящиеся в равновесии капельки, похожие на звездочки на темном поле, начинали падать — одни медленно, другие гораздо быстрее. Эти последние капельки оказались во взвешенном состоянии потому, что они несли на себе два, три, четыре, пять и больше электронов вместо одного... Это было, наконец, первое отчетливое, ясное и недвусмысленное доказательство того, что электричество едино по структуре».

Это последнее наблюдение было в то время фактически значительно более важным, чем измерение заряда электрона.

Милликен закончил первые измерения заряда электрона в сентябре 1909 года и незамедлительно выступил с сообщением на совещании Британской ассоциации содействия науке в Виннипеге. Хотя его имени не было в списке докладчиков, ему дали возможность выступить. Правда, он не питал никаких иллюзий. Он хорошо понимал, что результаты его опытов являются лишь предварительными и что с помощью более совершенных в техническом отношении приборов могут быть получены более точные данные.

«Возвращаясь в Чикаго с этого совещания, я смотрел из окна моей почтовой кареты на равнины Манитобы и внезапно сказал себе: «Какой глупец! Пытаться таким грубым способом прекратить испарение воды в водяных капельках в то время, как человечество затратило последние триста лет на усовершенствование масла для смазки часов, стремясь получить смазочное вещество, которое вообще не испаряется!»

Когда я вернулся в Чикаго, у входа в лабораторию я встретил Майкельсона. Мы уселись на пороге и начали болтать. Я спросил его, насколько, по его мнению, точно измерил он скорость света. Он ответил, что измерение произведено с точностью примерно до одной десятичной. «Так вот, — сказал я, — я придумал метод, при помощи которого я смогу определить величину заряда электрона с точностью до одной тысячной, или грошь мне цена».

Я немедленно направился в мастерскую и попросил механика изготовить воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых латунных пластин около 10 дюймов в диаметре, которые были бы закреплены на расстоянии примерно шести десятых дюйма одна от другой. В центре верхней пластины было просверлено несколько полумиллиметровых отверстий, сквозь которые капельки смазочного масла, поступающие из распылителя, могли бы попасть в пространство между пластинами. К пластинам были подключены выводы моей батареи на 10 тысяч вольт... Милликен намеревался зарядить капельки мас-

ла при помощи потока икс-лучей, как он делал это раньше с водой.

В течение трех лет, с 1909 по 1912 год, он посвящал все свое время опытам над каплями смазочного масла.

«Меня зачаровывала та абсолютная уверенность, с которой можно было точно пересчитать количество электронов, сидевших на данной капле, будь это один электрон или любое их число, до сотни включительно. Для этого требовалось лишь заставить исследуемую каплю проделать большую серию перемещений вверх и вниз, точно измерив время, потраченное ею на каждое перемещение, а затем высчитать наименьшее общее кратное довольно большой серии скоростей».

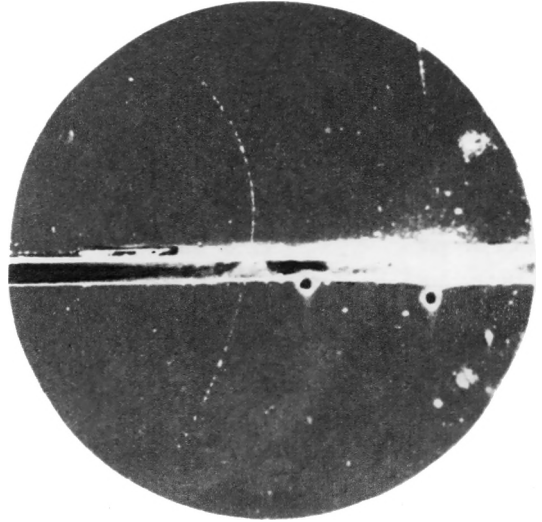
Для того чтобы получить необходимые данные по одной отдельной капле, иногда требовалось несколько часов. Однажды г-жа Милликен и я пригласили к обеду гостей. Когда пробило шесть часов, у меня была всего лишь половина необходимых мне данных. Поэтому я вынужден был позвонить г-же Милликен по телефону и сказать, что уже в течение полутора часов наблюдаю за ионом и должен закончить работу. Я просил ее обедать без меня. Позднее гости осыпали меня комплиментами по поводу моего пристрастия к домашнему хозяйству, потому что, как они объясняли, г-жа Милликен сообщила им, что я в течение полутора часов стирал и гладил и должен был закончить работу¹.

Милликен опубликовал результаты своих опытов осенью 1910 года и оказался в центре внимания физиков всего мира. Немецкая школа, в том числе и Рентген, открывший за 15 лет до этого икс-лучи, полностью изменила свою точку зрения. Представитель этой школы, великий ученый в области физической химии Оствальд², в 1912 году писал: «Теперь я убежден... Полученные опытным путем доказатель-

¹ Здесь игра слов: по-английски «уочт эн айон» — в переводе означает «наблюдал за ионом» — созвучно с «уошт энд айонд» — «стирал и гладил», как, видимо, и поняла мужа г-жа Милликен.

² О с т в а л ь д Вильгельм Фридрих (1853—1932) — немецкий физико-химик, лауреат Нобелевской премии. Основные работы посвящены электрохимической теории растворов, химической кинетике, катализу.

Камера ионизации космических лучей, изобретенная Миллиkenом, широко применялась в исследованиях, приведших к открытию новой элементарной частицы — мезона.



ства... которые люди безуспешно искали в течение сотен и тысяч лет... теперь... дают возможность даже самому осторожному ученому говорить о том, что теория атомного строения вещества экспериментально доказана».

Революция в области света

В 1921 году Альберт Эйнштейн был удостоен Нобелевской премии за разработку теории, объяснившей фотоэлектрический эффект. Спустя два года Роберт Милликен получил Нобелевскую премию за проведение опыта, подтвердившего теорию Эйнштейна. Теория Эйнштейна была выдвинута в 1905 году. Великий эксперимент Милликена был проведен почти десять лет спустя. Двойное присуждение премии означало успех одной из самых великих революций в области физики.

Исаак Ньютон обогатил физику двумя теориями: первая касалась законов движения тел; согласно второй свет представлял собой скопище крошечных частиц светящейся материи. Первая теория Ньютона принесла ему репутацию гениального ученого. И только благодаря его престижу была принята вторая теория — о корпускулярной структуре света, хотя она была значительно слабее первой и объясняла всего два из всех известных свойств света.

По Ньютону, отражение — это просто отскакивание упругих частиц света от отражающей поверхности. Рефракция же, преломление световых лучей при переходе из менее плотной среды, такой, например, как воздух, в более плотную, как, например, вода, имело место в результате изменения скорости частицы света в момент прохождения ее сквозь поверхность более плотной среды. Ньютонская теория света не могла объяснить интерференции, дифракции и поляризации.

К началу XVIII столетия стала привле-

кать внимание волновая теория света, выдвинутая современником Ньютона — Гюйгенсом. По этой теории свет состоит из вибрации в эфире. Великий французский физик Френель математически доказал, что если свет действительно волновое явление, то все его наблюдаемые проявления легко можно объяснить. Спустя столетия Джеймс Максвелл подкрепил волновую теорию света, теоретически доказав, что свет является вибрацией электрических и магнитных волн. До последнего десятилетия XIX века в теории Максвелла не было, казалось, никаких противоречий.

В 1887 году Герц заметил, что свет, особенно ультрафиолетовые лучи, заряжали металлические поверхности электричеством. Томсон доказал, что положительный заряд на поверхности металла был следствием мгновенного испускания им отрицательно заряженных электронов.

Альберт Эйнштейн был единственным физиком, понявшим, что в этом таилось противоречие, которое волновая теория света не может разрешить. В 1905 году он высказал предположение, что фотоэлектрический эффект можно объяснить, только возвратившись к корпускулярной теории света, в которую следует внести некоторые важные изменения.

РОБЕРТ МИЛЛИКЕН

По мнению Эйнштейна, противоречие заключалось в следующем: чем больше света падает на металлическую поверхность, тем больше выделяется электронов; однако энергия каждого отдельного электрона с изменением интенсивности света не изменяется, хотя, по теории Максвелла, интенсивность света служит мерилем его энергии.

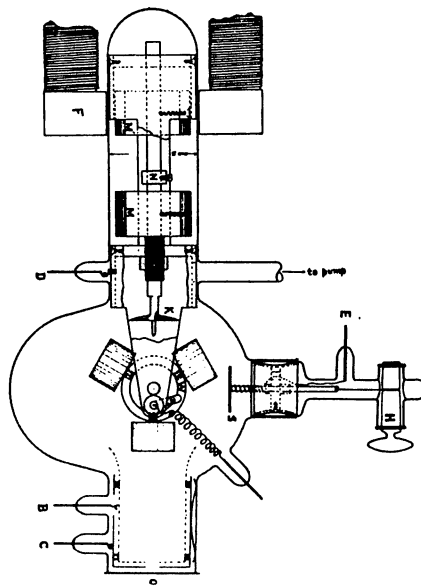
Эйнштейн предложил следующее объяснение: луч света состоит из потока крошечных корпускул, каждая из которых несет определенную энергию. Энергия корпускулы пропорциональна цвету, или, выражаясь классическим языком, частоте света, а не его амплитуде, как заявлял Максвелл. Когда свет падает на твердое вещество, некоторые из эйнштейновских корпускул энергии поглощаются. Количество поглощаемой энергии в некоторых случаях оказывается настолько большим, что электроны получают возможность покинуть атомы, в которых они находились. Энергия этих освобожденных «фотоэлектронов» должна поэтому быть абсолютно равной энергии пойманных корпускул света, называемых «квантами», минус количество энергии, нужной для того, чтобы вырвать электроны из атомов.

Это последнее количество, «работа выхода», может быть непосредственно измерено.

Эйнштейн сообщил об этом в форме уравнения, в котором была установлена связь между скоростью вылетевшего электрона, энергией пойманного кванта света и «работой выхода».

«Такая корпускулярная теория, — говорил Милликен, — не была подтверждена экспериментально, за исключением наблюдений, проведенных Ленардом в 1900 году и сводившихся к тому, что энергия, с которой электроны вылетают из цинковой пластинки, кажется, не зависит от интенсивности света. Я думаю, правильно будет сказать, что мысль Эйнштейна о квантах света, несущихся в пространстве в форме импульсов, или, как мы называем их теперь, «фотонов», приблизительно до 1915 года не имела практически ни одного убежденного сторонника.

Тогда, на тех ранних этапах, даже сам Эйнштейн не отстаивал эту мысль с достаточной решительностью и определенностью».



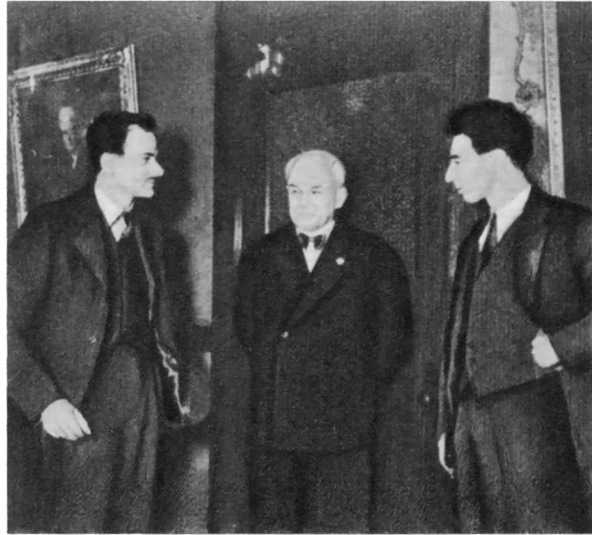
Милликен тоже далеко не был убежден в правоте Эйнштейна, но, поскольку лаборатория в Чикаго, руководимая Майкельсоном, проводила очень много экспериментов, основанных на волновой теории света, Милликен решил раз и навсегда проверить гипотезу Эйнштейна.

«Как только я вернулся в свою лабораторию осенью 1912 года, — писал Милликен, — я приступил к конструированию нового аппарата, при помощи которого можно было бы получить убедительное решение проблемы этого фотоэлектрического уравнения Эйнштейна. Я почти не надеялся, что решение, если только я его получу, будет положительным. Но вопрос был чрезвычайно важным, и найти какое-то решение было необходимо. Я начал фотоэлектрические исследования в октябре 1912 года, и они заняли практически все мое время, которое я посвящал исследованиям на протяжении последующих трех лет».

Вся трудность сводилась к тому, чтобы определить, в какой зависимости находится энергия от цвета, или частоты. Эйнштейн говорил, что эта зависимость была прямой: энергия равна частоте, помноженной на определен-

Позитрон, электрон с положительным зарядом, был открыт в 1932 году Карлом Андерсоном в лаборатории, руководимой Милликемом. Частица движется вверх по дуге, сквозь шесть миллиметров свинца.

Когда Милликену было уже почти 70 лет, он работал с физиками нового поколения — П. Дираком и Р. Оппенгеймером.



ное число. Это «определенное число» было постоянным для любого цвета. Оно должно было быть природной константой. Эйнштейн применял для этого числа обозначение h из уважения к своему коллеге Макс Планку.

За несколько лет до этого Макс Планк первый сумел решить теоретическую проблему в области радиации, произвольно заменив в формуле член, обозначающий энергию, другим членом, в который входили обозначения частоты и этой самой постоянной величины. Планк обозначил эту величину через h и рассматривал всю операцию лишь как удобный математический прием, который помог ему решить задачу. Эйнштейн же увидел, что Планк невольно сделал значительно больше. При помощи «математического приема» Планка проблема решалась — значит, он точно отражал истинное положение вещей.

Эйнштейн придал этому приему буквальное значение, и его фотоэлектрическое уравнение стало первым непосредственным применением новой квантовой теории. Милликен решил проверить теорию Эйнштейна, попытавшись получить ответы на следующие три вопроса:

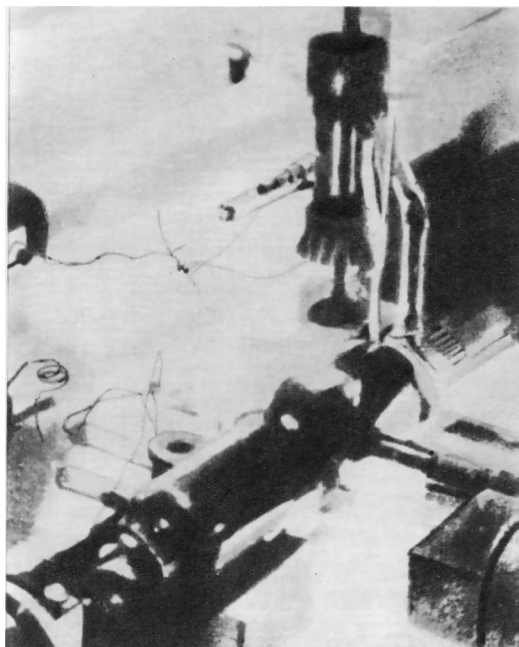
1. Действительно ли энергия кванта света равна частоте света, взятой h раз?
2. Является ли число h действительно постоянной величиной для всех цветов?
3. Соответствует ли фотоэлектрическое уравнение Эйнштейна тому, что имеет место в природе?

Для опытов Милликен сконструировал оригинальный аппарат, который он позднее назвал «вакуумной парикмахерской». В стеклянную вакуумную камеру он поместил поворот-

ный диск. Этот диск можно было поворачивать при помощи магнита, расположенного за пределами камеры. С трех сторон на диске находились небольшие количества трех металлов, отличающихся высокой активностью, — натрия, калия и лития, каждый реагировал на свет только одной определенной частоты.

Вследствие того, что успех эксперимента в огромной степени зависел от характера поверхности каждого из металлических образцов, в камеру было также помещено небольшое приспособление для шлифовки поверхности образцов. Оно приводилось в действие при помощи магнитов, расположенных вне камеры.

Проходя сквозь линзы и призму, белый свет преломлялся. Сквозь узкую щель луч того или иного основного цвета получавшегося спектра направлялся на поверхность металлического образца, и Милликен мог наблюдать действие луча одного цвета на металл. В то время как металлическая поверхность освещалась последовательно лучом каждого основного цвета, Милликен измерял количества вылетающих электронов и их энергию, определяя количество электрической энергии, необходимой, чтобы остановить их. Если, например, для того, чтобы удержать в воздухе тело неизвестного веса, необходима сила, равная пяти



Вакуумная «парикмахерская» Милликена.

административные функции в Калифорнийском технологическом институте, он подготовил несколько поколений молодых ученых. Уровень их подготовки был настолько высок, что отпала необходимость направлять молодых американцев за границу для получения научного образования. Благодаря Роберту Эндрюсу Милликену американская наука вступила в пору зрелости. ■

фунтам, то можно сказать, что это тело весит пять фунтов. Рассуждая таким образом, Милликен определял скорость электронов путем измерения силы, требуемой для полной остановки их. Зная скорость, он мог высчитать энергию электронов, выделяющихся при освещении металлической поверхности лучом каждого цвета.

Когда этот опыт и расчеты были проделаны для всех частей спектра, Милликен смог вычертить кривую, показывающую зависимость энергии электрона от цвета луча, или частоты. Полученные им результаты дали абсолютно положительные ответы на поставленные им три вопроса и подтвердили верность теории Эйнштейна. После прямых измерений оказалось, что постоянная величина Планка равна $6,57 \times 10^{-27}$ эрг-секунд.

Америка долго ждала такого человека, как Милликен. Он был выдающимся исследователем. Работая преподавателем в Чикаго, он отдавал много времени подготовке и поощрению молодых людей, на работу с которыми у Майкельсона не хватало терпения. Выполняя