



W. K. Segal

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

Физ. 101

К ДВАДЦАТИПЯТИЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ П. Н. ЛЕБЕДЕВА

П. П. Лазарев, Москва

14 марта т. г. исполнилось 25 лет со дня смерти крупнейшего русского физика, создателя первой физической школы в России—Петра Николаевича Лебедева. Необходимо поэтому вспомнить здесь жизнь и научную деятельность этого выдающегося ученого*.

П. Н. Лебедев родился в Москве в 1866 г. и первоначальное образование получил в Петропавловской немецкой школе.

Еще будучи мальчиком, он заинтересовался физическими явлениями, и эти интересы с годами выступали все ярче и яснее, так что к 16 годам у Лебедева сложились довольно определенные представления о той цели в жизни, которая его могла бы удовлетворить. Цель эта была—научные исследования, и для достижения этого Лебедев, после двухлетнего пребывания в частном реальном училище Хайновского, поступает студентом в Московское императорское техническое училище. Доступ в университет, где занятия наукой были бы более свободны, ему как неклассику, был закрыт.

Хотя при той массе обязательной работы, выполнения которой требовала специальная техническая школа, свободного времени у него оставалось немного, однако он успевал много читать и уже в первый год своего пребывания в училище принялся за первую научную работу. Результат этого исследования, как и многих последующих, начатых в училище, был отрицательный, но это не ослабляло энергии Лебедева, и он все больше и больше втягивался в исследования.

Несколько попыток инженерного конструирования ясно ему показали, что не деятельность техника, но наука есть его призвание, и он решил добиться возможности посвятить себя науке.

Для этого он в октябре 1887 г. переселился в Страсбург, где записался студентом. Страсбургский университет был в то время одним из наиболее крупных научных центров Германии, куда со всего мира стекались учащиеся. Нужно только упомянуть таких ученых, как физиолог Гольц, патолого-анатом Реклинггаузен и первый ректор Страсбургского университета известный ботаник

* Приводимые ниже биографические данные воспроизводятся по биографии П. Н. Лебедева, составленной автором этой статьи для собрания сочинений П. Н. Лебедева (Москва 1913 г.)

де-Бари, чтобы понять огромное значение Страсбурга в то время; но и на этом блестящем фоне выделялся директор физического института проф. А. Кундт, в лабораторию которого с самого начала попал молодой Лебедев.

Кундт был не только замечательным ученым, обогатившим науку рядом гениальных исследований, он был главой большой международной физической школы, давшей нам таких первоклассных исследователей, как Рентген, Варбург, Браун, Гальвакс, Винер, Рубенс, дю-Буа и др. *. Специалисты, работавшие у Кундта, стекались в его лабораторию со всего земного шара, и на еженедельных коллоквиумах, по выражению самого П. Н., „дефилировали все народности, слышалась немецкая речь не только с разными местными оттенками объединенной Германии, но и со всеми теми национальными отзвуками и неправильностями, с которыми говорят иностранцы, начиная с Сан-Франциско до Токио“.

Свое первое знакомство с Кундтом П. Н. описывает следующим образом: „С трепетом душевным я отправился в физический институт к Кундту. Сторож очень вежливо пригласил меня присесть в „кабинете профессора“—чисто фаустовской лаборатории... Кундт работал в другой лаборатории, и поэтому я должен был подождать минут пять, покуда, наконец, появился „сам“. Он не красив; каштановые всклокоченные волосы, высокий „умный“ лоб, глубоко сидящие голубые глаза, орлиный нос, энергичный рот и светлорыжая борода, лицо, все изрытое оспой,—все это должно было действовать неприятно, но у него, наоборот, пронизательный, страшно умный взгляд и вместе с тем выражение полнейшего радушия производят сильное противоположное действие; он не высок ростом и довольно широкоплеч. Принял он меня замечательно любезно; я любезности в такой степени никогда и не ожидал. Поговорив со мной о том, что я хочу делать, и узнав, что я собираюсь держать докторский экзамен, он обещал руководить выбором лекций“. — Хорошие впечатления, полученные при первом знакомстве с лабораторией Кундта, с течением времени еще усилились; в письмах Лебедева мы встречаем следующие характерные мысли:

„С каждым днем я влюбляюсь в физику все более и более... Скоро, мне кажется, я утрачу образ человеческий, я уже теперь перестал понимать, как можно существовать без физики“.

„Colloquium, который мне еще так недавно казался не симпатичней апокалиптического зверя, теперь обратился в источник наслаждений“. Далее Лебедев очень подробно описывает работы в институте и с энтузиазмом рассказывает о тех успехах, которые делали его старшие товарищи по лаборатории; но, конечно, центральной фигурой, к которой привлекалось все внимание Лебедева, был Кундт; о нем он писал так:

* Из русских ученых учениками Кундта, кроме Лебедева, были еще Б. Б. Голицын, Д. А. Гольдгаммер, Г. Г. де-Метц, Д. П. Коновалов, В. А. Михельсон, В. Натансон, С. Я. Тершин, В. А. Ульянин и В. С. Шегляев.

„Я удивлен, я поражен, я восхищен, я очарован, конечно, Кундтом“. И далее: „Удовольствие (получаемое чтением) переходит в наслаждение, особенно когда замешан Кундт (лекции или беседы с ним). Я никогда не думал, чтобы человек мог на меня действовать так удивительно околдовывающе, как мой патрон, часто даже не словами, а просто своей гениальностью“.

Рабочая атмосфера небольшого немецкого городка охватила Лебедева, и он с первого же месяца погрузился в изучение литературы. „Для меня,—пишет он в это время,—каждая страница прочитанного заключает больше удовольствия, чем труда, потраченного на усвоение; таким образом я с утра до вечера занят тем, чем я хотел заниматься с 12 лет, и у меня только одно горе—день мал“. Чтобы помочь этому горю, П. Н. впоследствии уговорился с одним из своих товарищей по институту * читать литературу по частям и сообщать друг другу прочитанное за обедом. На первых же порах в Страсбурге Лебедев принялся и за самостоятельную работу, и толстая тетрадь его протоколов и проектов содержит массу интересного. Несмотря на то, что многие работы были хорошо задуманы, ни одна не была доведена до конца: все казалось П. Н. малозначущим и неинтересным; он как бы пробовал на этих первых исследованиях свои силы.

В 1888 г. Кундт перешел профессором в Берлин, где он занял кафедру Гельмгольца **. Естественно, что Лебедев, который так высоко ценил Кундта, последовал туда за ним, и год, проведенный им в Берлине, оставил на всю жизнь Лебедева неизгладимые впечатления. Кроме работы в институте у Кундта, Лебедев за это время посещал лекции теоретической физики Гельмгольца, и эти лекции, точно так же, как и доклады великого физика-физиолога в Физическом обществе, оставались едва ли не наиболее яркими воспоминаниями на всю жизнь. Самая личность Гельмгольца производила на Лебедева совершенно исключительное впечатление, и он впоследствии часто вспоминал, как он не мог сказать ни одного слова Гельмгольцу из-за смущения, когда П. Н. пришлось записываться у него на лекции.

Отношения с Кундтом оставались хорошие, и Кундт очень высоко ставил своего талантливого ученика. Как много в это время Лебедев работал и какое огромное количество тем рождалось в его голове, видно из одного стихотворения, написанного Кундтом в 1889 г. Начало этого стихотворения таково:

Ideen hat Herr Lebedew
Per Tag wohl zwanzig Stück,
Und für des Institutes Chef,
Ist's wahrlich noch ein Glück,

* Позднее академиком Б. Б. Голицыным.

** В 1888 г. Гельмголец назначается президентом Physikalisch-Technische Reichsanstalt и остается профессором теоретической физики в университете.

Dass er die Hälfte schon verliert
Eh'er sie überhaupt probirt *.

Высоко ставя своего ученика, Кундт, естественно, и требовал от него гораздо больше, чем от других. Мне пришлось слышать от самого П. Н. Лебедева об одном характерном эпизоде. Работая в Берлине, в физической лаборатории, Лебедев должен был для одного из своих исследований часто пользоваться старым ртутным насосом, требовавшим постоянного подливания ртути. Дорожа своим временем, П. Н. сконструировал и сам выполнил прибор для автоматической подачи ртути. Пользуясь им, он мог во время откачки свободно уходить из своей лаборатории. В одно из таких отсутствий, когда П. Н. был на лекции у Гельмгольца, в его комнату вошел Кундт; заметив новый аппарат Лебедева, он тотчас же позвал некоторых своих ассистентов и с жаром стал им расхваливать П. Н., как конструктора. Как раз в это время появляется сам П. Н. Лебедев, который частью уже слышал сказанное Кундтом. Едва Лебедев переступает порог, как Кундт на него набрасывается и начинает его журить за то, что он напрасно тратит время на технические задачи и отвлекается от науки. Защищаясь от таких нападков, Лебедев в одном из своих писем за это время пишет: „Кундт ругает часто за дело, но часто и потому, что у меня свой ход мыслей, у него свой,—и мы не сходимся“. Однако эти споры еще больше закрепляли отношения между учителем и учеником, и Лебедев был в лаборатории Кундта одним из немногих практикантов, в работы которого Кундт не вмешивался.

Одним из последних исследований за этот берлинский период была попытка Лебедева показать, что при достаточно тонких проводящих слоях эти последние могут терять способность защищать тела от внешнего электрического поля. „Пользуясь остатками семестра,—пишет П. Н.,—я навалился на работу и делал опыт за опытом. С самого начала января я работал каждый день, и ни одного раза у меня не было удачного опыта.“ Далее после описания своего душевного состояния, Лебедев пишет: „Я пошел к Кундту, чтобы с ним посоветоваться; он прямо сказал, что вопрос слишком важный для науки, чтобы его бросить, не испробовав все возможное, не дойдя до неопровержимого экспериментального доказательства, что это невозможно, а этого у меня нет, так как опыты мои ничего решительного не дают, но что, с другой стороны, он советует мне покуда оставить эту тему, взять простенькую докторскую работу и отдержать экзамен — и тотчас же заняться опять той работой“.

Совет Кундта сыграл значительную роль в судьбе Лебедева. Он твердо решил на время оставить свои более сложные исследования и засесть за докторскую диссертацию.

* Перевод: „У Лебедева — по двадцать идей на день и для шефа института — истинное счастье, что он половину их теряет, прежде чем приступить к их осуществлению“.

Случайные обстоятельства не позволили ему сделать это в Берлине. Реалист по образованию, Лебедев не знал древних языков, которые были ему необходимы, чтобы сдать докторский экзамен в Берлине, и после долгого колебания Лебедев решил переселиться в Страсбург, где для получения степени доктора латинский язык не был нужен. Покидая Берлин и оставляя лабораторию, с которой у Лебедева было связано так много воспоминаний, он, естественно, с теплым чувством вспоминает и о своих первых гениальных учителях, о Кундте и Гельмгольце, и в одном из его последних писем из Берлина имеются такие строки: „Кундт—художник и поэт, пылкий, реагирующий, — он расшевеливает и поддерживает возбужденное настроение духа, а Гельмгольц ясно и просто говорит о предвечней истине, о бесконечной красоте“.

В Страсбурге в институте проф. Кольрауша Лебедев с головой ушел в работу и скоро начал получать первые результаты предположенного исследования. Его письма в это время постоянно содержат пометки: „Мои работы подвигаются очень удачно вперед“.

Наконец, после докторского экзамена и представления диссертации Лебедев получил в 1891 г. докторскую степень.

Подготовка к экзамену заняла довольно много времени, и самый экзамен сопровождался комическим эпизодом, о котором часто впоследствии вспоминал Лебедев. П. Н. предполагал выбрать для ответа на экзамене, кроме физики, два отдела математики, но за две недели до экзамена проф. Кольрауш предложил ему вместо геометрии взять химию и, несмотря на протест Лебедева, заставил его согласиться на предложение. Благодаря этому в очень короткий срок Лебедев должен был познакомиться с огромным курсом органической химии Фитига — с курсом, которого он раньше никогда не изучал, и, хотя экзамен был сдан *magna cum laude*, однако быстрая и поверхностная подготовка оставила в его душе на всю жизнь предубеждение против химии, особенно органической, которую он впоследствии представлял в очень образном виде.

Чтобы понять значение первой экспериментальной работы и уяснить себе весь дальнейший ход идей Лебедева, нужно знать, что незадолго до этого времени появились гениальные исследования Герца, показавшие, что электромагнитные возмущения могут распространяться в виде колебаний в эфире, и эти лучи „электрической силы“, как их называл Герц, представляются, таким образом, совершенно аналогичными световым колебаниям. Эти работы, подтвердившие впервые мысль Максвелла об электромагнитной природе светового луча, требовали и ряда дальнейших следствий. Одним из них было следующее: если свет есть электромагнитное явление, то, падая на молекулу, он может вызывать в ней те же явления, которые в окружающих телах вызывает электромагнитный луч, а так как эти действия будут зависеть от характера тела, на которое падает луч (от его проводимости и т. д.), то прежде всего представлялось необходимым изучить электрические свойства отдельных молекул, из которых построено тело. Если эти молекулы

будут представлять совершенные проводники, и если их размеры будут малы в сравнении с размерами междумолекулярных промежутков, то, как это показал Клаузиус, можно легко вычислить диэлектрическую постоянную среды. Был сделан ряд опытов с искусственными средами, состоящими из диэлектрика и проводника (ртутная мазь), и опыты показали согласие с теорией. Лебедев ставит себе задачу исследовать электрические свойства молекул, другими словами, — задачу выяснить, подчиняется ли газ, состоящий из отдельных свободных, не соединенных в одно компактное целое молекул, законам, открытым Клаузиусом, или нет. Но прежде чем выполнить эту задачу, Лебедеву приходится разработать самый метод, и его метод, явившийся дальнейшим развитием метода Голкисона, позволил ему с поразительной точностью выполнить необходимые измерения.

Проверка заключений Клаузиуса относительно связи диэлектрической постоянной и пространственного наполнения оказалась неожиданно хорошей. Только у алкоголя П. Н. получил расходящиеся результаты, причем эти расхождения легко могли быть объяснены изменчивостью самой величины диэлектрической постоянной именно для алкоголя. Изменение степени наполнения молекулами пространства достигалось или изменением давления или же изменением температуры газа. Наконец, пользуясь уравнением состояния вещества в том виде, как его дал ван-дер-Ваальс, Лебедев показывает, что порядок величин, теоретически вычисленных из данных теории для пространственного наполнения и непосредственно наблюдаемых на опыте, один и тот же. Результат всей работы Лебедев формулирует так:

„а) Предположения Фарадея, что молекулы представляют собой электрически проводящие тела, или, как это делают Маскар и Жубер, что молекулы имеют чрезвычайно высокую диэлектрическую постоянную, не приводят ни к каким противоречиям с наблюдаемыми явлениями и объясняются очень простым образом.

б) Соотношение Лоренца может быть применимо с выгодой, как эмпирическая формула, связывающая плотность тела с диэлектрической постоянной его“.

Таким образом в простейшем случае было показано, что электрическое поле может действовать на молекулы и что эти последние могут быть рассматриваемы при этом как абсолютно проводящие тела определенных размеров — как резонаторы.

Одновременно с исследованием диэлектрической постоянной газов Лебедев предпринимает изучение теорий кометных хвостов и довольно скоро получает верное представление о силах, обуславливающих это явление. По этому поводу он пишет:

„Я, кажется, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет“, и далее: „Найденный закон распространяется на все небесные тела. Сообщил Винуеру*, сперва он объявил, что я с ума сошел, а на другой день, поняв в чем дело,

* Впоследствии профессор университета в Лейпциге.

очень поздравлял. Сперва я был в сильном нервном напряжении, но теперь, когда закон доказан, я ничуть не волнуюсь, частью может быть оттого — этого я не скрою, — что озадачен, даже ошеломлен его общностью, которую сначала не предчувствовал. Выведенный мной закон не есть дело минутного наития: около двух лет ношу я его зачатки. Вопрос, которым я занят издавна, я люблю всей моей душой так, как, я себе представляю, родители любят своих детей“.

Изучение теории кометных хвостов и установление причины отталкивания хвоста от солнца заставили Лебедева сделать и дальнейшие выводы из этих представлений — выводы, уже всецело принадлежащие молекулярной физике.

Внутри тела, которое состоит из отдельных молекул-резонаторов, эти последние могут давать электрические колебания определенного периода, действующие на соседние молекулы, и это может обусловить либо притяжение, либо отталкивание отдельных частичек. Молекулярные силы, обуславливающие растворение, диффузию, осмотическое давление и т. д., могут быть сведены, таким образом, на взаимное действие молекул-резонаторов, если только можно показать, что резонаторы действительно могут друг на друга механически влиять. Но здесь встречается огромное затруднение, так как, несмотря на все желание открыть силы взаимодействия резонаторов, самые опытные исследователи их открыть не могли. Однако случайное обстоятельство заставляет Лебедева взяться за трудное исследование механических сил в резонаторах, именно: изучение теории кометных хвостов. Бессель и Ольберс показали, что форма кометного хвоста может быть объяснена допущением отталкивательной силы, идущей от солнца и действующей обратно пропорционально квадрату расстояния от солнца. Природу этой силы Бессель искал в электрических отталкиваниях; Лебедев, следуя теории Максвелла, полагал, что свет может давить на молекулу, и закон этого давления был достаточен, чтобы объяснить существующие формы кометных хвостов. А так как сама молекула является резонатором и свет есть электромагнитное переменное поле, то ясно, что такое поле должно оказывать механическое действие на резонатор. Поэтому разрешение вопроса о пондеромоторных силах в резонаторах тесно связано в работах Лебедева с его представлением о силах в хвостах комет.

Эти важные и интересные вопросы развиваются у Лебедева параллельно с его диссертационной работой, и уже 4 января 1891 г. он отмечает в дневнике: „Для сочинения о силах давления при волнообразном движении у меня начинается слагаться план“, и далее он излагает на четырех страницах проект будущих работ, который содержит в себе все те следствия, которые были доказаны в его позднейших исследованиях. На последнем коллоквиуме в Страсбурге Лебедев сообщил о своих исследованиях по давлению лучистой энергии, причем по этому поводу в одном из писем он пишет:

„Сегодняшний день (20 июля 1891 г.) — день очень важный в моей жизни: сегодня я в последний раз говорил в коллоквиуме

о вопросе, который вот уже три года занимает меня непрерывно: о сущности молекулярных сил. Два часа битых я говорил и показывал опыты, которые удались мне так, как редко удаются". Далее, описывая общее впечатление доклада, Лебедев прибавляет: „Кольрауш заключил: я отмечаю это как очень плодотворную идею, однако выводы следует делать с большой осторожностью — и прежде всего необходимо проделать все экспериментально“.

Вскоре после этого коллоквиума, где Лебедев выставил как бы программу всей своей будущей деятельности, он покидает Страсбург и переселяется в Москву, где А. Г. Столетов предлагает ему место ассистента. Прощаясь с Страсбургом, Лебедев пишет:

„Самое счастливое время моей жизни было пребывание в Страсбурге, в такой идеальной физической обстановке. Какова будет моя дальнейшая судьба — я только вижу туманное пятно с большим знаком вопроса. Одно знаю, я буду работать, покуда глаза видят и голова свежа“.

По возвращении в Москву нужно было прежде всего обеспечить себе возможность продолжать научную работу. Старая физическая лаборатория университета, где пришлось Лебедеву устроиться на первых порах, была очень мала и не приспособлена к тем задачам, которые он себе ставил. Помещалась она в верхнем этаже маленького двухэтажного дома во дворе старого здания университета, причем зала общего практикума находилась по соседству с комнатами для научных работ. Эти неудобства не смутили, однако, Лебедева, и он с жаром принялся за организацию лаборатории, причем прежде всего завел хорошую мастерскую, где можно было бы готовить необходимые приборы. Средств на это требовалось немного, но и этих небольших средств часто не хватало, и Лебедев рассказывал впоследствии, как он привел в ужас А. Г. Столетова, заказав разных принадлежностей для мастерской на 300 руб. Покончив с этим оборудованием лаборатории, Лебедев с головой ушел в научные исследования. Одновременно он принимает очень горячее и деятельное участие в научной работе Московских ученых обществ и совместно с Б. Б. Голицыным (в то время лаборантом физической лаборатории) организует при обществе Любителей естествознания, антропологии и этнографии ряд докладов и обзоров по новейшим успехам физики. Наконец, ряд публичных лекций на самые разнообразные, животрепещущие темы физических наук включает многостороннюю деятельность Лебедева. Вообще, этот период московской жизни является едва ли не наиболее деятельным периодом жизни П. Н. Работы, предпринятые П. Н. в это время, касались развития его основных идей о взаимодействии резонаторов.

В 1894 г. появляется первая работа Лебедева, посвященная действию волн на резонаторы, и в трех работах, появившихся одна за другой, Лебедев выясняет закон этих действий. Метод, которым он пользовался, состоял в том, что электрические, акустические и гидродинамические колебания, возбуждающиеся соответствующими источниками колебаний, падали на подвижный резо-

натор и отклоняли его от его первоначального положения. Противодействуя этому отклонению и измеряя силу, возникающую при этом, можно измерить влияние периода падающей волны на величину взаимодействия. Результаты исследования могут быть формулированы так:

а) Механическое действие возбуждающей волны на резонатор пропорционально падающей энергии и зависит только от отношения чисел колебаний, а не от их абсолютной величины.

б) Если резонатор настроен выше, чем возбуждающий источник колебаний, то он им притягивается, и это притяжение имеет максимум вблизи самого резонанса, и при переходе через резонанс обращается в отталкивание, которое уменьшается вместе с увеличением расстройки резонаторов.

По отношению к акустическим резонаторам, которые вместе с гидродинамическими давали совершенно тождественные законы, были замечены и некоторые особенности: „Здесь, — пишет Лебедев, — открылась одна особенность явления, которая представлялась для меня совершенно неожиданной: в то время как в непосредственной близости от источника закон пондеромоторного действия акустической волны на ее резонатор тождествен с соответствующим законом для электромагнитных, а также и для гидродинамических колебаний, при постоянном увеличении расстояния это тождество постепенно ступень за ступенью исчезает, и его место занимает новый закон, совершенно отличный от предыдущего: так, при малых расстояниях наблюдается вблизи резонанса при переходе через него изменение от максимального притяжения через ноль (при полном резонансе) к максимальному отталкиванию резонатора источником, тогда как при увеличении расстояния от последнего притяжение, понемногу сглаживаясь, наконец, совершенно исчезает, и его место заступает отталкивание“. Лебедеву удалось показать теоретически, что вдали от источника (при плоской волне) такой случай должен быть и для электромагнитных волн, и в русской докторской диссертации он прибавляет: „в природе подобное явление (в более сложной форме) представляет собой отталкивательное действие солнечных лучей на газовые молекулы кометных хвостов“. Работы Лебедева над пондеромоторными силами в резонаторах доставили ему русскую степень доктора, которую, по ходатайству Московского университета, он получил без предварительного магистерского экзамена и без представления магистерской диссертации.

Покончив с опытами над моделями, Лебедев делает попутно изящную с технической стороны работу о двойном преломлении „лучей электрической силы“, где им открыты самые короткие электромагнитные волны, которые удалось до сих пор получить*.

* Приборы для коротких волн были демонстрированы проф. Аугусто Риги в Болонской академии, и он писал по этому поводу П. Н.: „В то же время, как Вы получите это письмо, Вы получите и Ваши маленькие приборы, которые я демонстрировал в Академии наук в Болонье. Физики, которые принимали участие в заседании, были очень восхищены этими приборами“.

После этого он берется за главную задачу своей жизни — за доказательство, что свет давит на молекулы и что, следовательно, эти последние могут притягиваться или отталкиваться под влиянием взаимного излучения, и прежде всего он предпринимает более простую техническую задачу — задачу, которая вернее обещала успех: за давление света на твердые тела.

В трактате по электричеству и магнетизму Максвелл указывает на теоретический воображаемый опыт, который мог бы показать давление света на твердые тела. Классическая работа П. Н. Лебедева над механическим действием световых волн, доложенная им на парижском конгрессе 1900 г. и напечатанная затем в *Annalen der Physik* в 1901 г., является осуществлением мысли Максвелла. В опытах П. Н. Лебедева световой луч от вольтовой дуги падал на заключенное в сосуде легкое крылышко и, закручивая нить, на которой было прикреплено это последнее, давал возможность измерять механическое действие давления света. С другой стороны, зная падающую на крылышко энергию из калориметрических наблюдений и отражательную способность крылышка, можно было то же давление вычислить по формуле Максвелла. Опыты дали прекрасно совпадающий с теорией результат и показали впервые, что свет действительно давит на тела. Главнейшими затруднениями в опытах Лебедева были радиометрические силы, которые П. Н. Лебедев в высшей степени простым и удобным способом сумел исключить.

Насколько сложны и трудны были эти опыты, видно из того, что ряд блестящих экспериментаторов, например Бартоли и Крукс, несмотря на огромные усилия и ловкость, не могли дать решения этой задачи, и вопрос, теоретически разработанный, оставался открытым с точки зрения эксперимента. Решение его, однако, находилось не только в связи с общим ходом идей Лебедева, но и было тесно связано, как тогда представлял это П. Н., с обоснованием самой электромагнитной теории, и поэтому Лебедев с тем большим рвением взялся за дело, что успех для него был несомненен. Однако между началом работы и ее окончанием прошел огромный промежуток времени, в течение которого пришлось изучить все стороны явления и, главным образом, добавочные радиометрические силы, найти пути, которыми можно их значительно уменьшить, и, наконец, только после этого исследования были блестяще закончены, и существование светового давления несомненным образом доказано. Конец этих исследований не лишен некоторого интереса. Измученный предшествовавшей педагогической работой и экзаменами, П. Н. в течение лета 1900 г. чувствовал себя настолько плохо, что не мог сам производить тех механических манипуляций, которые были связаны с исследованием, и при наблюдениях ему помогал служитель при физическом кабинете. Однажды во время опыта из-за случайного толчка при откачке тонкая нить с прибором, обнаруживавшим давление, оборвалась, и прибор был испорчен; больному П. Н. не представлялось возможным снова строить свой прибор, и он, хотя и не счи-

тал свое исследование вполне законченным в смысле точности, нашел необходимым опубликовать его в таком виде, в каком оно находилось в этот момент.

Каково было впечатление от этой замечательной работы на ученый мир, лучше всего видно из слов лорда Кельвина, сказанных К. А. Тимирязеву: „Вы, может быть, знаете, — говорил Кельвин, — что я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот ваш Лебедев заставил меня сдаться перед его опытами“.

В. Крукс в письме к Лебедеву по поводу этой работы, между прочим, писал: „Вам удалось найти метод открытия и измерения крайне малых сил непосредственного давления света и притом тогда, когда они маскируются и осложняются гораздо большими радиометрическими силами“.

Известный уже своими первыми работами, поставившими его в ряды хороших экспериментаторов, этой работой Лебедев завоевал себе сразу почетное имя, из хорошего ученого он сразу стал первоклассным физиком, и в настоящее время нет учебника, где бы его работа о световом давлении не цитировалась.

За работу о световом давлении на твердые тела Академия наук присудила П. Н. премию.

Блестяще обосновав учение о световом давлении на твердые тела, П. Н. тотчас же переходит к вопросу о воздействии лучистой энергии на молекулы как на резонаторы, к давлению света на газы. Помимо чисто физического значения этой работы, она имела и огромное космическое значение. Как указано выше, П. Н. принадлежит идея объяснения кометных хвостов давлением световых лучей, и в настоящее время учение о давлении света на газы имеет во всех отделах астрофизики колоссальное значение. Если первая работа о световом давлении была трудна, то вторая задача представлялась на первый взгляд просто невыполнимой. Расчеты Шварцшильда, сделанные им, правда, в совершенно определенных предположениях (для отражающих тел), показали, что если уменьшить размеры металлических частиц до величины молекул, то давление лучистой энергии делается настолько малым по отношению к притяжению, которое испытывает всякая весомая частица со стороны окружающих тел, что эффекта давления нельзя наблюдать, и Аррениус даже основал на этих расчетах теорию ряда метеорологических явлений, рассматривая роль космической пыли в междупланетном пространстве. Правда, как выяснилось впоследствии, расуждения Шварцшильда не могли относиться к молекулам, и П. Н., вооруженный своими предшествующими опытами с резонаторами, ясно это видел; однако необходимо было огромное теоретическое предвидение, огромная уверенность в результатах, чтобы взяться за исследование давления света на газы, чтобы его довести до конца. Нельзя перечислить всех тех вариантов опытов, которые были сделаны, чтобы открыть явление; достаточно сказать, что окончательных приборов — приборов, с которыми были сделаны измерения, было построено до двадцати. Много раз казалось, что

исследование дает вполне отрицательный результат, что нельзя устранить побочных пертурбирующих сил, что наблюдать явление невозможно, и всякий раз Лебедев находил зацепку, которая позволяла ему сделать новый вариант опыта, чтобы иметь возможность до конца довести все то, что было им блестяще задумано. Наконец, в 1910 г. исследование было закончено и появилось в печати.

Метод, которым работал Лебедев, состоял в том, что лучи света, проходя через газ, заключенный в коробке, разгороженной стенкой на два отделения, приводили его в круговорот. Если исключить те движения газа, которые зависят от неравномерности нагревания различных слоев, то весь эффект должен зависеть только от светового давления, и это давление можно смерить, поместив в темной части коробки небольшой поршень, не прилегающий к стенкам, на которые газ будет давить при своем движении. Чрезвычайно важным обстоятельством, которое могло обеспечить результат опыта, было устранение тепловых движений газа, зависящих от неравномерности нагревания, и это обстоятельство разрешается Лебедевым очень простым и изящным способом. Газ вообще плохой проводник тепла, и только водород проводит тепло очень хорошо; поэтому, подмешав ко всем исследуемым газам водород, можно настолько хорошо выравнять температуру в различных слоях, что конвекция, зависящая от нагревания, не будет давать сколько-нибудь заметного эффекта. Освещая слой то с одной, то с другой стороны и одновременно замечая отклонения поршня, можно смерить величину давления световых лучей на газ.

Одним из первых ученых, поздравивших Лебедева с его замечательным открытием, был Шварцшильд, который писал Лебедеву 9 февраля 1910 г.: „Я хорошо помню, с каким сомнением я услышал в 1902 г. о вашем предположении измерить давление света на газ и я преисполнен тем большим удивлением, когда я прочел, как вы устранили все препятствия“. За работу по давлению лучистой энергии Королевский институт Великобритании избрал Лебедева в 1911 г. в свои почетные члены.

Здесь, может быть, небезынтересно указать, что самая мысль о давлении на газ зародилась почти одновременно с общей мыслью о давлении света. Еще в 1894 г. мы находим в дневнике П. Н. следующую запись: „Давление светового луча на газ удобно, пожалуй, исследовать для газов в видимом спектре (NO_2 , J, Br, Cl) в аппарате, напоминающем конвекционный термометр, а пожалуй, и радиометр“.

Далее следует подробное описание прибора. Был ли прибор конструирован и испробован, об этом не осталось никаких данных ни в записях, ни в личных беседах П. Н., но интересно то, что самая мысль о возможности явления была уже в то время совершенно ясна для Лебедева.

В период работ по световому давлению на газы П. Н. много работал над вопросом о движении земли в эфире; из этих работ опубликован только один небольшой опыт, являющийся измене-

нием опыта Роланда: все остальное, как не давшее каких-нибудь положительных результатов, оставлено Лебедевым без напечатания. Но если просмотреть все приборы, спроектированные им для этих опытов, можно удивляться как поразительному его конструкторскому таланту, так и замечательному умению побеждать встречающиеся экспериментальные трудности, и эти неопубликованные исследования едва ли не больше, чем все напечатанное, оправдывают слова проф. В. Вина, что Лебедев „владел искусством экспериментирования в такой мере, как едва ли кто другой в наше время“*. Эти опыты Лебедева, вместе со всеми многочисленными неудачными опытами, пытавшимися установить движение земли в эфире, привели к развитию частного принципа относительности.

Наконец, последние работы, начатые с 1909 г., были посвящены магнетизму вращения и были вызваны замечательным открытием Гэля, обнаружившего магнитные явления вокруг солнечных пятен.

Уже 2 апреля 1909 г., как раз после того коллоквиума в университете, где было доложено о работе Гэля, П. Н. пишет в дневнике: „Занимаюсь земным магнетизмом в связи с открытием Гэля магнитности солнечных пятен“. Далее идет изложение его воззрений, которые сводятся к тому, что всякое вращающееся тело должно благодаря движению давать разделение положительных и отрицательных зарядов в молекулах и как следствие этого — магнитное поле. Ряд опытов, оконченных в 1911 г., однако, не дал в этом отношении положительных результатов и даже показал, что все допущения относительно такой делимости зарядов не верны. Эти опыты были оборваны смертью Лебедева на самом ходу.

В 1911 г. П. Н. вышел вместе с рядом других профессоров из университета. Причиной ухода послужили события, разыгравшиеся в университете вследствие приказа министра народного просвещения об увольнении ректора (проф. А. Мануилов), его помощника (проф. М. А. Мензбир) и проректора (проф. П. А. Минаков). Его последние работы с осени 1911 г. были произведены в небольшой устроенной в частном помещении лаборатории**. Этот последний период работы П. Н. является наиболее трагическим в его жизни. Сознание тяжелой сердечной болезни, которая уже с 1901 г. начала сказываться припадками, часто не дававшими спать, сознание необеспеченности и себя и семьи очень удручали П. Н., и единственное утешение он находил в это время в тех успехах, которые делали его ученики.

Одновременно с университетом им. Шанявского два учреждения, именно: Главная палата мер и весов и Нобелевский институт в Стокгольме, сделали попытки привлечь П. Н. в число своих ра-

* Из письма проф. В. Вина к проф. В. А. Михельсону по поводу смерти Лебедева.

** Средства для устройства были даны Обществом для содействия успехам опытных наук и их практических приложений им. Х. С. Леденцова, университетом им. А. Л. Шанявского и пожертвованиями частных лиц. Университет Шанявского с марта 1911 г. пригласил П. Н. в свои преподаватели.

ботников. Директор Палаты проф. Н. Г. Егоров предполагал пригласить П. Н. в качестве научного сотрудника, после предполагаемого преобразования Палаты. В то же время директор физико-химической лаборатории Нобелевского института проф. С. Аррениус писал Лебедеву: „Естественно, что для Нобелевского института было бы большой честью, если бы Вы пожелали там устроиться и работать, и мы, без сомнения, предоставили бы вам все необходимые средства, чтобы Вы имели возможность дальше работать“. Передавая далее детали возможного устройства в институте, Аррениус писал: „Вы, разумеется, получили бы совершенно свободное положение, как это соответствует Вашему рангу в науке“.

Эти предложения, дававшие возможность научно работать, без всяких педагогических обязанностей, доставили П. Н. огромное удовлетворение. Однако всему этому не суждено было осуществиться: уже в январе 1912 г. он почувствовал себя плохо, в феврале слег в постель, а 1 (14) марта его не стало.

Не только ученый мир старой России с Академией наук во главе откликнулся на смерть Лебедева, но и западные ученые и прежде всего Лондонский королевский институт прислали выражение своего соболезнования. Среди полученных основанным П. Н. Московским физическим обществом телеграмм и писем (числом около 100) имеются, между прочим, письма от Аррениуса, Рентгена, Нернста, Рубенса, Варбурга, Томсона, Крукса, Ленарда, Риги, Кюри и целого ряда других ученых, и это показывает, что „наш“ Лебедев был не чужим и на Западе.

Теперь мы переходим к другой стороне научной деятельности П. Н., именно к работам практикантов. Сознание необходимости таких работ возникло у Лебедева очень рано — в этом отношении Лебедев является яркой иллюстрацией того типа ученых, которых В. Оствальд называет романтиками. Рано развившись умственно, богато одаренный от природы, с чрезвычайно быстрой реакцией на окружающее, Лебедев еще в молодости почувствовал, что масса вопросов и идей, которые ему приходят в голову, подавляет его, не дает ему необходимого покоя для своей работы, и он начинает стремиться сознательно освободить себя от этих идей передачей тем своим ученикам. Еще в 1893 г., незадолго до того времени, когда он взял под свое руководство несколько практикантов, он писал в дневнике: „Обилие мыслей и проектов не дает мне спокойного времени для работы“. Вначале, не имея самостоятельной лаборатории, Лебедев наладил специальные исследования в лаборатории проф. А. П. Соколова, и в это время под его руководством делали работу 6 специалистов. Вскоре после переселения в новый физический институт университета, когда Лебедев получил в заведывание лабораторию, число удвоилось.

Все работы, которые выполняли ученики П. Н., стояли в ближайшем отношении к его собственным работам, часто являясь дополнениями к главной теме, которую вел сам П. Н.

Так, в период работ по световому давлению в лаборатории Лебедева возникла целая серия работ по давлению лучистой энергии...

Пользуясь аналогиями, Лебедев предполагал существование такого давления и в звуковых колебаниях и в водяных волнах. Работы Альтберга и Капцова решили этот вопрос, а вслед затем работа Зернова позволила применить метод давления для абсолютных измерений силы звука наряду с диском Рэлея. Этот же метод давления позволил далее обнаружить самые короткие звуковые волны в воздухе и открыть затухание акустических волн в воздухе в зависимости от длины волны (Неклепаев).

Другая серия работ была тесно связана с электрическими колебаниями и является продолжением работ самого П. Н. в этой области; таким образом возникли работы по абсорбции электрических колебаний (Романов), по исследованию незатухающих волн (Щодро), работа по магнитным свойствам тел для частых колебаний (Аркадьев). Наконец, эти работы для видимого спектра завершились конструированием особого спектрографа для инфракрасных лучей, который позволял автоматически отмечать поглощение в различных лучах спектра (Яковлев). Идея такого прибора возникла еще в конце 90-х годов и несколько раз менялась в представлении П. Н., пока, наконец, не получила ту форму, которая описана в *Physikalische Zeitschrift*.

Масса побочных вопросов также получила разрешение (например, работы Эсмарха по магнитной защите). Лаборатория работала, таким образом, по определенному плану, по определенной программе, намеченной П. Н. Самые темы работ прежде, чем давались практикантам, многократно обдумывались самим П. Н., и он часто говорил тем из своих учеников, которым приходилось самостоятельно руководить научными исследованиями, следующее: „никогда не предлагайте начинающему такого вопроса, который не давал бы ясного ответа и путь для разрешения которого не был бы определенным“.

Это требование применял в еще более категорической форме и к своим темам сам П. Н., и поэтому среди работ, им предложенных, не бывало неудавшихся. В них не было экспериментирования наулачу, всегда была определенная цель и ясно выработанный метод для решения коренного вопроса.

Чтобы быть в курсе всех работ своих специалистов, П. Н. должен был подолгу обдумывать детали этих исследований, и мне часто приходилось заставлять П. Н. далеко за полночь за обсуждением работ его практикантов. Уезжая за границу для отдыха, П. Н. часто не мог удержаться и посылал одно за другим письма, в которых указывал на необходимые дополнения к работе или на какие-либо изменения в ней.

Насколько интересны были его беседы в лаборатории, настолько же оживленны и поучительны были его замечания на еженедельных коллоквиумах, которые возникли в 1901 г. в старой лаборатории и из которых потом выросло Московское физическое общество, основателем которого был П. Н. В этих коллоквиумах все, с начинающего студента и кончая их руководителем, чувствовали себя членами большой семьи, и таким путем получалось

то объединение работающих, которое так необходимо в научной работе.

Заканчивая этот беглый и неполный очерк богатой внутренним содержанием жизни П. Н., невольно приходится вспомнить его слова, сказанные им в его речи, посвященной памяти Кундта:

„В лице Кундта наука потеряла физика в самом широком смысле этого звания: не только первоклассного ученого, так много потрудившегося для современной физики, но и несравненного учителя, который заботился о будущем своей любимой науки, образуя и воспитывая ей будущих деятелей. Если Кундт в течение всей своей жизни, неутомимо работая, старался возможно более расширить область нашего знания своими исследованиями, то, может быть, в еще большей мере он стремился передать каждому из своих учеников частичку своей души, частичку той бескорыстной любви к знанию, которая ведет человечество к истине“. Эти же слова с глубочайшей благодарностью по отношению П. Н. повторяют все те, кому довелось работать в его лаборатории.
