

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев, Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

А. Р. Сердюков

**Петр Николаевич
ЛЕБЕДЕВ**

1866—1912



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1978

С 22 Сердюков А. Р. Петр Николаевич Лебедев. — М.: «Наука», 1978. — 320 с.

Книга представляет собой научную биографию великого русского физика П. Н. Лебедева (1866—1912). Она написана на основе многочисленных архивных документов и интересна тем, что в ней подробно анализируется сложный и поучительный путь ученого к вершинам науки. Впервые раскрывается связь творчества знаменитого физика с его философскими, общественно-политическими, этическими и педагогическими воззрениями. В книге показана также история организации первой научной школы физиков России.

16.2

Ответственный редактор
член-корреспондент АН СССР
Б. В. ДЕРЯГИН

С $\frac{20100-063}{054 (02)-78}$ БЗ-31-6-78

© Издательство «Наука», 1978 г.

От редактора

Предлагаемая читателю биография корифея русской физики Петра Николаевича Лебедева представляется во многих отношениях уникальной. Благодаря широкому использованию автором архивных материалов, писем и дневниковых записей о неопубликованных работах и проектах П. Н. Лебедева он впервые встает перед нами во всей многосторонности своего таланта как физик-экспериментатор и мыслитель. В книге четко выделена линия развития взглядов, планов и целей ученого, ярко отражено его умение сконцентрироваться на главной задаче и довести ее до завершения. Одновременно показано, что идеи и выводы Лебедева намного опередили свое время. Высказывания Лебедева об электромагнитной природе молекулярных сил служат прекрасным примером его научной интуиции: только в наше время измерения молекулярных сил и их сопоставление с квантовой теорией Е. М. Лифшица, основанной на рассмотрении флуктуационного электромагнитного поля, окончательно подтвердили правоту ученого.

Из приведенных в книге ранее не опубликованных материалов, в частности из научных дневников П. Н. Лебедева, видно, что, если бы не тяжелые условия для работы и не подорванное здоровье ученого, он, несомненно, опубликовал бы еще много крупнейших открытий, например дифракцию рентгеновских лучей на кристаллических решетках.

В книге А. Р. Сердюкова Лебедев обрисован и как человек, и как общественный деятель, для которого не было в жизни ничего более важного, чем интересы науки и создание в России школы физиков. В книге хорошо

освещены не только деятельность непосредственных учеников П. Н. Лебедева, но и вклад в науку последующих поколений советских физиков, т. е. учеников его учеников и тех, кто, не будучи ими, все же разрабатывал идеи, выношенные и развитые великим ученым.

В книге документально и объективно описаны и внешние условия, в которых вырос, работал, учил и временно ушел из жизни ученый, преданность которого науке и ее развитию в России так же уникальна, как и его талант.

Книга обладает главным достоинством любого печатного произведения: она очень интересна, при этом не только занимательностью, но и той доскональностью, с которой сделана. Тщательность подбора материала порождает к книге доверие и свидетельствует об огромном труде ее автора. Все это способно обеспечить успех книги, пробуждающей в читателе любовь к истории, к отечественной науке и ее создателям.

Книга очень многогранна. При этом хотелось бы обратить внимание на те главы, которые представляют, на наш взгляд, актуальный интерес. Они касаются создания П. Н. Лебедевым первой крупной научной школы физиков, рождения и развития последующих новых научных направлений. В этих главах особенно ясно прослеживается научная преемственность, столь важная для дальнейшего развития советской науки. Несомненно, что книга принесет большую пользу историкам науки, а также поможет формированию нужных качеств молодых ученых. В этом — одна из основных задач историко-биографической литературы.

Для меня лично было огромным удовольствием прочесть книгу и написать к ней предисловие.

Б. В. Дерягин

От автора

Жизнь и деятельность выдающегося русского физика Петра Николаевича Лебедева не получили еще должного освещения. Те несколько брошюр, которые известны, далеко не исчерпывают темы. В них нет анализа всех трудов ученого и его школы, не привлечены и обширные материалы из огромного архивного и эпистолярного наследия ученого, хранящиеся в Академии наук СССР и Московском государственном университете. В настоящей книге сделана попытка восполнить этот пробел.

Развитие науки требует систематического и по возможности тщательного освещения жизненного пути и научного творчества ее выдающихся представителей. И биографический жанр литературы, адресованной широкому кругу читателей, как нельзя лучше отвечает этому требованию.

Пожалуй, нигде так не отражаются жизнь эпохи, величие и значение новых идей и открытий, взаимосвязь и истоки общественных и научных событий, как в биографиях людей, ставших в силу своего таланта и выдающихся личных качеств выразителями этих идей и активными участниками этих событий.

Выдающийся английский ученый Дж. К. Максвелл писал: «Наука захватывает нас только тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начинаем следить за историей их открытий»¹.

Знакомство с биографиями великих ученых всегда оказывало благотворное влияние на формирование молодых талантов — представителей последующих поколений.

¹ Максвелл Дж. К. Статьи и речи. М., 1968, с. 335.

Рассказывая о П. Н. Лебедеве, академик П. П. Лазарев, один из талантливых учеников знаменитого физика, говорил: «Воспоминания о крупных деятелях и их биографии имеют большое воспитательное значение для молодежи. Они создают те побудительные причины, которые привлекают юношество к занятиям наукой, искусством, и многие из ученых и артистов были обязаны своими интересами в области культуры, их впоследствии прославившими, чтению биографий великих людей, воспоминаниям о них»².

Эта книга о Лебедеве — дань уважения ученому и человеку, проложившему новые, прогрессивные пути развития науки. Читатель найдет здесь не только описание жизненного пути ученого. Мы старались перенести читателя в прошлое, в те условия, в которых формировался талант ученого, представить трудности, которые ему пришлось преодолеть, и ту борьбу, которую он вел не только с тайнами природы, но и с реакционными силами царской России. Широко используя дневники и письма Лебедева, мы попытались дать анализ его научных идей и оценить его вклад в развитие различных направлений науки, показать влияние этих идей на работы последующих поколений ученых, а также на научно-технический прогресс.

Материал книги разделен на 4 части, из которых первая посвящена собственно жизненному пути ученого, а в последующих дан обзор и анализ деятельности создателя первой в России научной школы физиков и тех направлений в науке, которые зародились в его идеях и работах. Отдельные главы посвящены философским, общественно-политическим и педагогическим воззрениям ученого.

Подавляющее большинство фотографий и иллюстративного материала, помещенного в книгу, публикуется впервые.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, включающий и тех, кто недостаточно осведомлен в специальных вопросах физики, излагаемых в настоящей книге.

Мы надеемся, что современный молодой исследователь на примере жизни великого ученого сможет выработать

² Лазарев П. П. Очерки истории русской науки. М., 1950, с. 150.

в себе необходимые качества передового борца за науку — идейную бескомпромиссность и постоянное стремление преодолевать трудности на пути к намеченной цели.

В процессе подготовки рукописи к печати автору была оказана помощь со стороны члена-корреспондента АН СССР Б. В. Дерягина, заслуженных деятелей науки РСФСР Н. Н. Малова, С. Н. Ржевкина, Р. В. Телеснина и отдельных сотрудников Института истории естествознания и техники АН СССР, которая выразилась в деловых советах по ряду излагаемых в книге вопросов. Считаю приятным долгом выразить всем этим товарищам и тем, кто помогал в редактировании и подготовке иллюстративного материала, свою искреннюю признательность и глубокую благодарность.

Введение

Историческая особенность России, подвергавшейся неоднократным набегам внешних врагов и раздираемой междоусобными столкновениями княжеств, наложила определенный отпечаток на развитие отечественного народного образования — исходной питательной почвы для роста творческих сил общества. В России оно начало уверенно развиваться лишь со времен Петра I. 21 ноября 1701 г. указом Петра был издан первый учебник «Арифметика», написанный учителем математико-навигационной школы Леонтием Магницким, затем появился учебник Мелентия Смотрицкого «Грамматика» — первые учебники М. В. Ломоносова, о которых он, будучи уже ученым, отзывался как о «вратах» его учености.

Впоследствии возникли различные школы: крестьянские, гарнизонные, монастырские, городские, фабричные, приходские и даже частные. Достигнув вершины научного творчества и пользуясь поддержкой императрицы Елизаветы и ее ближайших советников, Ломоносов в 1755 г. открыл первый русский университет в Москве и классическую гимназию при нем, ибо «университет без гимназии, что пашня без семян».

Развитие в России начального образования дало импульс разработкам более совершенных методов обучения и воспитания в школах. У истоков молодой педагогической науки встали Г. С. Сковорода, а затем Алексей Раменский, ставший основоположником знаменитой родовой системы обучения и воспитания в России.

Дворянство предпочитало обучать своих детей, пользуясь услугами домашних учителей. Такой путь воспитания был в те времена моден за границей. Образованность

и воспитанность считались отличительным знаком благородного и богатого сословия. Однако получаемое дворянами на дому образование и воспитание сводились к привитию определенных манер поведения и норм взаимоотношений, к знанию иностранных языков (латинского, французского и немецкого), умению танцевать, музицировать, рисовать, фехтовать и к весьма незначительным познаниям в арифметике и геометрии. Такое образование не давало знаний в науках и технике, и некоторые дворяне являли собой тот классический тип Митрофанушек, которым не было нужды знать географию, коль в России были извозчики.

Народная же школа по тогдашнему представлению нужна была лишь для того, чтобы научить детей крестьян и мелких чиновников терпению и уважению к царю и к господствующему классу. Однако, получив образование, представители низших слоев вместе с передовыми представителями дворянства становились все более нетерпимыми к невежеству, к несправедливости и стремились развивать культуру на более прогрессивных началах, с наиболее передовыми целями. Так, во времена Екатерины II за прогрессивное просвещение в стране выступил Николай Иванович Новиков — поборник грамоты в русском обществе. Не с конем и мечом вел он борьбу за будущее России, а книгой и пером служил своему отечеству. Прикинувшись «простачком», высмеивал он в сатирических памфлетах существующую систему образования в России. На свои средства он построил превосходную типографию, соперничавшую с лучшими в Европе. В этой типографии массовыми тиражами издавались книги учебные и научные, религиозные и правоучительные, романы и исторические повести. Даже газету «Московские новости» Новиков заставил служить тому же делу, и вся Россия училась читать, писать и творчески мыслить. Деятельность Новикова сыграла большую роль в развитии народного образования и популяризации наук в России: он создал первое в истории страны научное общество — Дружеское ученое общество, заметная деятельность которого пробуждала у представителей всех слоев русского общества интерес к общей культуре и наукам. В России появились новые выдающиеся педагоги, к числу которых следует отнести Ф. И. Янковича, сына и внука Раменского, И. Г. Песталоцци, затем Н. И. Пирогова, Н. Г. Черны-

шевского, К. Д. Ушинского, И. Н. Ульянова и многих других.

Народное образование в России выдвинуло людей, посвятивших себя борьбе с царским деспотизмом и чиновничьим бюрократизмом. Вскоре после победы русской армии в 1812 г. в среде дворянства появились противники царского режима, боровшиеся против векового угнетения крестьян, жестокой несправедливости по отношению к неимущим. 1825 год — год восстания декабристов, вошедший в историю России как начало революционной борьбы передовых представителей дворянства против царя, за прогресс России на новых основах. Пробуждение чувства ответственности за судьбу своей страны, своего народа стало характерным для многих людей. Именно тогда А. С. Грибоедов в комедии «Горе от ума» разоблачал пороки дворянско-чиновничьей крепостной России. Устами княгини Тугоуховской он выразил отношение большинства дворянства к увлечению наукой:

... в Петербурге Институт
Пе-да-го-гический, так, кажется, зовут.
Там упражняются в расколы и в безверьи
Профессоры! У них учился наш родня
И вышел! Хоть сейчас в аптеку, в подмастерья.
От женщин бегают, и даже от меня.
Чинов не хочет знать! Он химик, он ботаник,
Князь Федор, мой племянник.

Во второй половине XIX в. из дворянской среды выдвинулась целая плеяда первоклассных русских ученых. Среди них — И. М. Сеченов, И. П. Мечников, К. А. Тимирязев, Н. А. Умов, И. П. Павлов и многие другие. В 1861 г. было отменено крепостное право. Борьба против царизма продолжалась, и 4 апреля 1866 г. бывший студент Казанского и Московского университетов Дмитрий Каракозов стрелял в императора Александра II. Поставленный императором новый министр народного просвещения ярый реакционер граф Толстой стремился любым способом удушить прогрессивные ростки народного образования в России. Он говорил: «Еще шесть лет латыни, и вы увидите, как угомонится ваша молодежь». В это время особо подчеркнута стали культивировать мещанское понимание скромности как

самоунижение, самоумаление и непререкаемая покорность.

С 60-х годов XIX в. в России начала бурно развиваться промышленность: возникали акционерные общества, строились заводы и фабрики, прокладывались железные дороги, оживилась торговля. Это было началом прогрессивного, восходящего развития капитализма в России, которое продолжалось до конца текущего века¹.

Отмена крепостного права, сформировавшиеся капиталистические отношения и ускоренное развитие мануфактурной индустрии в России положили начало образованию российского пролетариата, ставшего социально-политическим классом общества — классом рабочих. Одновременно в стране возникла острая потребность в деловых людях — инженерах, ученых, коммерсантах и других профессионалах высокого класса. Все это привело к тому, что в России началось массовое увлечение естествознанием и техникой. Из среды российской молодежи выросли талантливые ученые, оказавшие большое влияние на формирование общественного интереса к научной и инженерной деятельности.

¹ См.: *Ленин В. И.* Полн. собр. соч., т. 3, с. 267, 542—552.

Биография ученого

Отрочество

Петр Николаевич Лебедев родился 8 марта 1866 г. в семье служащего чаеоторговой фирмы Боткина. Отец будущего ученого Николай Всеволодович Лебедев снимал квартиру в доме торговца Торопова в Армянском переулке в Москве. По социальному происхождению Н. В. Лебедев и его жена Анна Петровна (урожденная Жукова) принадлежали к разночинцам. К моменту рождения Петра в семье росла дочь Александра, затем родилась еще и Вера.

Развитию дарований маленького Пети и воспитанию в нем высоких моральных и эстетических качеств способствовал целый комплекс счастливо сложившихся семейных и социальных обстоятельств. 26-летний отец будущего ученого и его молодая мать отличались высокими нравственными качествами. Они были знакомы с педагогическими творениями Л. Н. Толстого, революционно-утопическими воззрениями Н. Г. Чернышевского и его попытками применить их в педагогической деятельности. И, конечно, им были известны педагогическая деятельность К. Д. Ушинского, а также произведения писателей-демократов Н. А. Добролюбова, Д. И. Писарева, А. И. Герцена и др.

Российская общественность тех лет вообще горячо приветствовала педагогические новшества, которые Л. Н. Толстой ввел в организованные в Ясной Поляне и ее округе особого типа народные школы. «Родное слово» Н. Г. Чернышевского стало не просто учебником, а азбукой гражданской жизни всех честных людей России. «Детский мир» К. Д. Ушинского и его учебник «Родное слово» помогали еще больше разрушать порочные методы обучения и воспитания в школах. Симптоматично, что учеб-

ник «Родное слово» Ушинского выдержал 157 изданий — небывалый случай в истории книгопечатания царской России. Труды Ушинского являлись популярной энциклопедией «нравственности и образованности», ими пользовались как педагоги, так и родители. Впоследствии К. Д. Ушинский был заслуженно назван «учителем русских учителей».

Исторические свершения в России второй половины XIX в. (отмена крепостного права, нарастание борьбы за демократизацию народного образования и развитие наук, за подъем общей культуры, развитие промышленности и технический прогресс в стране) составляли тот благоприятный фон, на котором счастливо развивалась судьба многих молодых людей, в том числе и Петра Лебедева.

Его первые шаги на жизненном пути начались счастливо: Петру не довелось учиться в тогдашних казенных начальных школах, где еще бытовали старые методы воспитания (розги, карцер и пр.). Его отец, сознавая возможные пагубные последствия подобного обучения и воспитания, решил дать сыну начальное образование в «домашней школе». Первой учительницей Пети Лебедева стала сестра отца — Елизавета Всеволодовна.

Если Анна Петровна достаточно успешно справлялась с задачей воспитания в своих детях высоких нравственных качеств, то домашняя учительница, руководствуясь «Детским миром» и «Родным словом» Ушинского, учила чтению и письму, а главное — разумно мыслить.

После завершения домашнего образования (программы тогдашних 2- или 3-классных школ) родители Лебедева решили дать сыну такое образование, которое не только отвечало бы уровню развития окружающего общества, но и способствовало бы формированию будущего члена общества, т. е. выявило и определило его профессиональную склонность.

Заметим, что уже во второй половине XIX в. многие стремились получить образование в объеме либо классической гимназии, либо реального училища, Однако получить его было непросто. Вследствие реакционных реформ российская классическая гимназия претерпела такие метаморфозы, что в ней не осталось почти ничего от ломоносовских и более поздних времен. В 8-классной гимназии основное внимание уделялось изучению языков — латинского (по 7 уроков еженедельно), греческого



*Николай Всеволодович Лебедев —
отец ученого*

(по 5 уроков), французского и немецкого (по 3 урока), русского и церковно-славянского (по 3—5 уроков), а на изучение математики, физики, географии и краткого естествознания отводилось всего по одному уроку в неделю. Такая дисциплина, как литература, в программе совсем не значилась.

Царское самодержавие позаботилось о том, чтобы «через несколько годов вышли круглые невежды из классических голов». Так пропел однажды один артист в Малом театре, вызвав у присутствующих восторженное одобрение подобной оценки «классического» образования тогдашней России.

Окончить классическую гимназию с такой программой тем не менее было невероятно трудно: чиновники министерства народного образования постарались превратить выпускные экзамены на аттестат зрелости в своеобразные «экзакуции»: более половины заканчивавших гимназию проваливались и оставались без аттестатов.



*Анна Петровна Лебедева —
мать ученого*

В печати того времени сообщалось о последствиях подобной аттестации: тысячи гимназистов и гимназисток, кадетов-воспитанников и реалистов запружали часовни и церкви, ставили свечи, били поклоны, вымаливая успех в страшный день экзаменов. Известны и случаи трагических исходов непедagogических методов аттестации. Оценивая мрачное прошлое в России, в частности подобные болезни в системе народного просвещения, В. И. Ленин подчеркивал, что царское правительство является врагом народного просвещения¹.

В те времена в среде учителей возникли острые разногласия по поводу методов обучения, воспитания и аттестации в гимназиях. За инакомыслящими был учрежден строгий надзор, для гимназистов составлены списки запрещенных книг и установлены меры наказания: за чтение Белинского — 6 часов карцера, Шелгунова — 10 и

¹ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 23, с. 132.

более, Добролюбова — 12 и вдвое больше, причем за чтение Писарева, Герцена и Льва Толстого (рукописи) даже исключали из гимназий.

Отец Лебедева, как и многие молодые родители того времени, понимал, что перед окончившим гимназию открывалась хорошая перспектива будущей деятельности. Однако, оценивая создавшуюся в гимназиях обстановку и желая подготовить себе смену в «делах торговых», Николай Всеволодович решил направить сына в коммерческое училище, заявив: «Я лучше желаю видеть своего сына дельным человеком в Китае, чем шалопаем в Москве»².

Николай Всеволодович слыл энергичным и умелым коммерсантом. Он был особо доверенным лицом фирмы и был уполномочен самостоятельно совершать коммерческие сделки, часть прибылей от которых причиталась ему. Дела заставляли отца Лебедева часто бывать на Нижегородской ярмарке. От удачных коммерческих операций его личный капитал рос из года в год, и к 1887 г. достиг 100 тыс. руб. наличными. К тому времени семья Лебедевых имела собственный дом на углу Маросейки и Петроверигского переулка. Прочное служебное положение отца и определило выбор учебного заведения для Петра — он был направлен в Петропавловское коммерческое училище (Peter-Paul-Schule) г. Москвы, где обучалась в основном молодежь из семей крупной и средней немецкой буржуазии.

Однако, обучаясь в училище, Петр постепенно знает ненадежность своей будущей профессии, более похожей на азартную игру, чем на серьезное, большое дело. Вскоре он уже с отвращением думает об уготованной ему судьбе. В то же время Петра интересует техника, увлекает искусство. К нему он приобщился в семьях своих друзей — Коли Кочетова, сына известной тогда певицы Александры Дормидонтовны Александровой-Кочетовой, и Саши Эйхенвальда, отец которого был профессиональным фотографом, мать играла на арфе в Большом театре, а сестры готовились к артистической

² Архив АН СССР, ф. 293, оп. 1, д. 110/2, дневниковая запись от 24 марта 1883 г. В дальнейшем при цитировании дневников Лебедева в тексте будут указываться в круглых скобках архивные номера хранения, страницы или в случае необходимости даты записей.



Петр Лебедев с сестрами Сашей и Верой, 1873 г.

деятельности. Вполне возможно, что на формирование жизненных интересов Лебедева повлияло его близкое знакомство с семьей Боткиных, в которой три сына пошли по пути, не связанному с торговой фирмой: один стал известным публицистом, второй — художником и

академиком, а третий — замечательным врачом, имя которого носит одна из крупнейших больниц в Москве.

Еще в начальный период обучения в коммерческом училище Петр Лебедев начал вести дневник, в который заносил впечатления о разных интересных событиях. Кроме того, он выписал альбом, издававшийся тогда в Лейпциге под названием «Познай самого себя» (Erkenne dich selbst). В этом альбоме содержались вопросы, отвечая на которые, каждый школьник мог оценить свой культурный кругозор и определить духовное кредо. Например, в 1880 г. на вопрос «Твои любимые писатели?» Петя Лебедев ответил: «Пушкин, Тургенев»; «Любимый цвет?» — «Красный и розовый». Спустя год вопросы стали значительно шире, изменились и ответы. Так, в графе «Твои любимые художники?» Лебедев называет Рафаэля, Тициана, Анжело, Айвазовского, а в графе «Твои любимые композиторы?» — Россини, Верди. В 1882 г. к числу любимых писателей, художников и композиторов он относит Гоголя, Пушкина, Некрасова, Лермонтова, Шиллера, Эрнста Хюттера, Маковского, Бетховена, Моцарта, Ширека, Гайдна, Ромберга³.

Его увлечению техническими вопросами немало способствовала издававшаяся тогда популярная научно-техническая литература. Лебедев стал систематически читать журнал «Электричество», где в популярной форме освещались проблемы электротехники. Заметив интерес Лебедева к устройствам и действиям физических приборов, учитель физики Алексей Павлович Лопатин стал прибегать к его помощи при подготовке демонстрационных опытов на уроках, а затем доверил ему самостоятельную работу в физическом кабинете.

Руководствуясь распространенным тогда курсом Малинина по физике, Лебедев начал проводить эксперименты по электричеству. Больше того, воспользовавшись благосклонностью отца к его увлечению электрическими забавами, он уговорил его приобрести для собственного пользования некоторые электрические приборы. Мальчик стал частым посетителем магазинов, торговавших различным лабораторным оборудованием. Большой популярностью пользовался тогда магазин Швабе на углу Кузнецкого моста и Большой Лубянки и магазин

³ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 62, с. 15.



Петр Лебедев, 1882 г.

Кольбе на Маросейке. При этих магазинах имелись специальные демонстрационные залы, вход в которые был свободным. Посетители могли часами наблюдать за действием продающихся приборов. С восторгом отзывался школьник Лебедев об этих сеансах: они помогли ему подобрать наиболее интересные приборы.

Вскоре Лебедев решил применить свои способности на практике. По набросанной схеме электрической проводки он установил в своей квартире электрический звонок. Если учесть, что в те времена домашние электрические звонки считались чуть ли не «чудом техники», то нетрудно представить, какой восторг вызвал у окружающих новоявленный электротехник, решив эту элементарную для нашего времени задачу.

Новых клиентов на установку домашних электрических звонков ждать пришлось недолго. Первой к электротехнику-самоучке обратилась мать Коли Кочетова. В то время у Александры Дормидонтовны брала уроки пения будущая актриса А. Н. Амфитеатрова-Левицкая. Вот как

она описывала впоследствии свое знакомство с Лебедевым: «Прибыв к Кочетовым в 9 часов вечера, я прошла прямо в столовую, а вслед за мной туда же вошел красивый юноша в черной кожаной куртке на красной подкладке. Он молча поклонился мне и начал вынимать из карманов какие-то ящички и проволоки. После некоторого молчания я спросила: «Что вы со всем этим собираетесь делать?» — «Проведу электрический звонок». — «Вы можете провести электрический звонок?» — неловко спросила я. — «Вполне могу», — улыбнувшись, ответил Лебедев и тут же, пододвигая ко мне все разложенное на столе, стал показывать и очень серьезно объяснять, как проводятся и действуют электрические звонки. В это время в частных квартирах электрических звонков еще не было»⁴.

В те годы интересы Лебедева были весьма многообразны; он, например, всерьез заинтересовался популярным тогда спиритизмом. В те времена еще не знали научных обоснований гипноза и самогипноза, что и служило поводом для всякого рода религиозной спекуляции, в частности спиритизма. И вот Лебедев попытался доказать абсурдность существования «духов». Он решил принять участие в спиритических сеансах. К своему глубокому удивлению, Лебедев испытал самовнушение, о чем записал в дневнике (№ 109, январь 1882 г.). В один из вечеров на квартире Кочетовых собрались четыре друга (Саша Эйхенвальд, Петя Лебедев, Коля Кочетов и Володя Шульц). В темноте они сели за стол, на котором уже стояла тарелка. Каждый участник положил на тарелку обе руки, и при полной тишине все стали ждать наступления ожидаемого эффекта. После монотонного и весьма утомительного ожидания Пете показалось, что тарелка зашевелилась, а затем стала парить над столом. Этот психологический эффект долго не давал ему покоя: Лебедев не мог поверить в религиозные предрассудки, но и упрекнуть в нечестности кого-либо из участников сеанса он не осмелился, так как верил в порядочность своих друзей. Разочарованный незнанием истинного происхождения случившегося, Лебедев отказался дальше от познания природы испытанной им иллюзии. Позднее

⁴ Труды Института истории естествознания и техники АН СССР (далее — Труды ИИЕТ АН СССР), 1959, т. 28, с. 122—123.

у него возникло подозрение, что кто-то из участников сеанса просто подшутил⁵. На этом эпизод с «познанием таинственных духов» закончился.

Все возрастающий интерес сына к электротехнике при явном отвращении к коммерческому делу сильно беспокоил отца. Надежды Николая Всеволодовича сделать сына достойным наследником своих дел рушились, однако он упорно убеждал сына в том, что коммерческая профессия более выгодна, чем изнурительная инженерная деятельность. По поводу многочисленных семейных споров Лебедев писал: «Могильным холодом обдает меня при одной мысли о карьере, к которой готовят меня — неизвестное число лет сидеть в душной конторе на высоком табурете над раскрытыми фолиантами, механически переписывать буквы и цифры с одной бумаги на другую. И так всю жизнь... Меня хотят силой вправить туда, куда совсем не гожусь. Опасно. Вправляя, можно связки разорвать» (№ 109, январь 1882 г.).

Видимо, родители Лебедева это поняли: 14-летнему Лебедеву было разрешено поступить в Реальное училище Хайновского. Это частное учебное заведение давало образование в объеме, достаточном для поступления в техническое высшее учебное заведение. Но Лебедев быстро разочаровался в системе обучения и нравах, которые бытовали в училище и порой напоминали описанные Помяловским в знаменитых «Бурсах».

Призвание

П. Н. Лебедев писал, что в юности он страстно желал заниматься электротехникой и стать инженером. Все началось со старинных стенных часов, которые случайно попали ему в руки. Он мог распоряжаться ими по своему усмотрению, разбирать и рассматривать их «внутри». Хитроумная конструкция часов вызвала в нем чувство восхищения. Затем он случайно попал в магазин, где продавали различные приборы по физике, электротехнике и химии и тут же демонстрировали их действие. Позднее, 20 ноября 1896 г., в одном из писем к другу семьи Лебе-

⁵ Происхождение подобных эффектов самовнушения впервые объяснил И. П. Павлов на основе материалистического учения о высшей нервной деятельности.

девых, воспитаннику Кропштадтской офицерской электротехнической школы А. Н. Бекневу Лебедев писал: «Вы меня поздравляете со званием приват-доцента, и мне хотелось бы рассказать Вам, — конечно, в самых кратких чертах, — как покати́лась моя жизнь под влиянием того толчка, который Вы мне дали.

До сих пор мне жив и памятен тот колоссальный переворот во всем моем мирозерцании, который Вы произвели Вашей электрической машиной из пластины стекла с подушками из офицерских перчаток, и я впоследствии убедился, что в отсутствии такого переворота, в отчужденности от явлений природы, в том, что «явления природы» инстинктивно считают книжной выдумкой, лежит та китайская система «знания», которой проникнута вся Россия от финских хладных вод до пламенной Колхиды. Имея врожденное влечение к той неизменной и понятной законности, которая меня еще значительно раньше поражала в часах (и которую я себе понемногу уяснил, «вскрывая» нутро старинных стенных часов), я платонически наслаждался лицезрением хитрых приборов в магазине Швабе и пользовался Малининым, как ключом к этим Алладиновым лампам; я поневоле проникался тем неясным сознанием, что Швабе не только фабрикует приборы, но фабрикует и те явления, о которых трактует Малинин: шаблонный прибор и данное явление для меня начали составлять одно неразрывное, однородное целое»⁶.

Здесь Лебедев указал лишь на те конкретные факты случайного характера, с которых у него началось осознанное понимание целостности конструкции прибора и наблюдаемого определенного явления. От простого и любопытного наблюдения до понимания сути явления — путь не простой и не короткий. Он часто сопровождается наивными рассуждениями и попытками выяснить то, что начинающему еще неизвестно, при этом сам он стремится выделить устойчивое в изменчивом. Это и есть первые признаки научного исследования.

Распространенный в России тех времен учебник по физике Малинина для гимназий был для Лебедева лишь методической «инструкцией», указывавшей, каким образом и какие явления можно наблюдать с помощью тех

⁶ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 560—562.

или иных приборов. Лебедев постепенно убеждался в том, что таинственные электрические явления — не только пророчество, о котором пишут в учебниках, электричество существует рядом, и его можно самому добыть и «пощупать». Понимание этого вызывало в нем не только восторг, но и странные, не поддающиеся осмыслению ощущения.

«Помню я, как Ваша импровизированная машина и обрадовала, и смутила меня, — писал он в письме к Бекневу. — Мне было тяжело и странно расстаться с мыслью, что то «Электричество», о котором говорит Малинин, есть нечто простое и дешевое и не есть нечто священное, что можно добыть только дорогими приборами при торжественной обстановке физического кабинета. То обстоятельство, что «Электричество» существует не только в виде пророчества в книжке Малинина, а тут, около нас, было для меня разочарованием: оно подрывало стройность курса Малинина. Вспоминая этот эпизод не раз впоследствии, я на нем мог собственным опытом убедиться в той чудовищной несуразности и превратности понятий и ощущений, которые выносятся из книжек; здесь характер извращения принял детски-наивную форму и не был прикрыт маскирующим его «знанием» или «изучением» предмета.

Само собой разумеется, что вслед за разочарованием наступил поворот на новую дорогу, на самостоятельное конструкторство, на осуществление моих идеалов и мышление теми простыми средствами, которые у меня были под руками: я легко перешагнул стадию повторения чужих опытов и сразу принялся за самостоятельную работу»⁷.

Если «перешагнуть стадию повторения чужих опытов» и взяться за самостоятельное творчество было легко, то добиться желаемых результатов оказалось совсем не просто.

Постоянное дружеское общение с Эйхенвальдом, который тогда уже учился на железнодорожного инженера, натолкнуло Лебедева на мысль проявить на деле свои изобретательские способности. Он подготовил проект «Автоматического устройства разъездов на одноколейной железной дороге». Этот проект (рис. 1) описан в днев-

⁷ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 36.

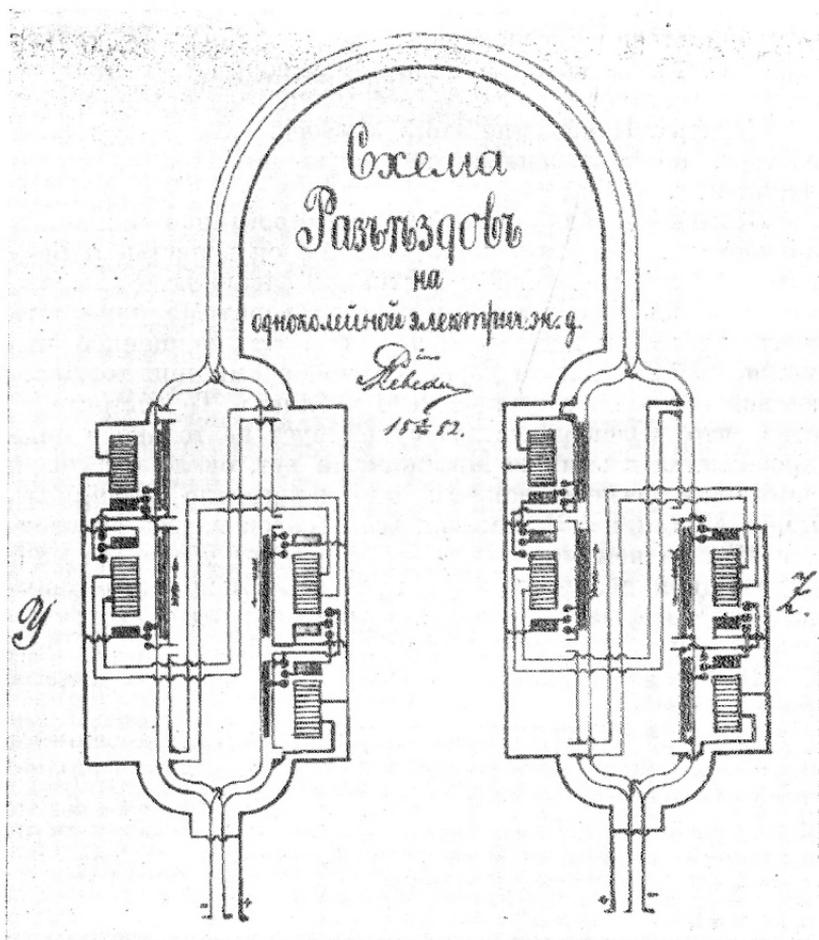


Рис. 1. Схема разъездов на однопутной железной дороге (первое изобретение П. Н. Лебедева)

нике Лебедева за 1882 г. Наиболее удачный вариант этого изобретения Лебедев послал своему бескорыстному и авторитетному советчику — А. Н. Бекневу. 24 ноября 1882 г. молодой изобретатель получил свою первую научно-техническую корреспонденцию:

«Токи направлены совершенно верно, время перерыва и замыкания тока рассчитано хорошо. Непонятно, почему

магнит М-3 должен намагничиваться при помощи вагончика в «а». Ахиллесова пята устранима... В довершение всего прибавлю, что не ожидал, признаться, от Вас такого быстрого движения в этой области и такого внимательного отношения к предмету».

Окрыленный похвалой, молодой изобретатель пишет статью. Но прежде чем передать ее в журнал, он посылает на суждение Бекневу. В письме от 19 декабря 1882 г. рецензент подчеркнул: «Вы хотите выступить за плату в печати... батюшка мой, нельзя тяп-ляп и корабль... А что на все это говорят Ваши папаша и мамаша? Не советую упускать это из вида. Если Ваши ничего не имеют против нашей переписки, то жду с большим интересом от Вас нового письма».

Реплика рецензента насчет мнения папаша и мамаша была неслучайной. Бекнев хорошо знал о стремлении Николая Всеволодовича приобщить своего наследника к коммерческим делам. Отец Лебедева даже изменил свою тактику, решив побаловать сына роскошной жизнью. Он купил ему спортивную лодку, скаковую лошадь, предоставил ему право свободно распоряжаться некоторыми денежными средствами.

В то время Лебедев писал в дневнике: «Мое постоянство по отношению к моему изобретению очень удивляет папу. Очевидно, ему хотелось бы, чтобы я кидался от одного к другому, и тогда, может быть, я изменю свое желание сделаться инженером» (№ 110/1, февраль 1883 г.).

«Если ты пойдешь на торговую дорогу, — говорил отец сыну, — будешь жить так, как теперь, и даже лучше; если нет, достатки будут совсем другими, я должен буду урезать и теперь твои расходы». — «Ну, что же, буду есть колбасу, — ответил сын, — а все-таки буду заниматься техникой». Худшая перспектива тогда, конечно, не могла ему прийти в голову⁸.

Намерение избрать техническую карьеру не смогли поколебать и начавшиеся романтические увлечения, о чем свидетельствуют записи в дневнике за 1883 г. Возможно, что отец втайне надеялся, что любовь отвлечет сына от занятий изобретательством, и охотно поощрял его невинные увлечения. Как-то на балу у Боткиных

⁸ Труды ИИЕНТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 38.

юноша познакомился с молодой француженкой — мадемуазель Будьер. Очевидно, девушка ему понравилась. В последующие дни юноша стал замечать, что постоянно думает о ней. Вскоре он почувствовал, что мысли о мадемуазель Будьер мешают ему сосредоточиться на технических занятиях. Юношу охватила тревога за будущее. Он решил подавить в себе романтические настроения, мешающие занятиям техникой.

В этот переходный для юношества период часто возникает желание серьезно разобраться в любви, в ее роли и месте в жизни. Между друзьями Лебедева возникла тогда дискуссия по этому вопросу. В споре Лебедев выдвинул собственную «теорию любви», согласно которой на первом месте должна стоять любовь к науке, искусству и Родине. Однако невинные любовные чувства продолжали мешать юноше спокойно и увлеченно заниматься изобретательством. И Лебедев, призвав на помощь собственную «теорию», силой воли преодолел свое чувство. 9 марта 1883 г. он написал в дневнике: «Я не буду влюбляться, иначе все пойдет прахом и мне придется идти в контору.

Я буду служителем науки и жрецом электротехники и буду я трудиться на пользу общественную, не забывая и себя. Да здравствует электричество и да прославит оно нас во веки веков!» (№ 110/2).

Правда, летом того же года на балу в Филях Лебедев познакомился с другой девушкой и опять увлекся, но, снова призвав на помощь собственную «теорию», пришел к заключению о преждевременности таких увлечений. «Рассудок и воля победили. Ура!» — констатировал он 21 июня 1883 г.

Чрезмерные и пока безрезультатные увлечения изобретательством отнимали массу времени; 17-летний Лебедев стал нерегулярно заниматься спортом. Все это сказалось на состоянии его здоровья. В июне 1883 г. после очередных лодочных гонок на большую дистанцию Лебедев впервые почувствовал заболевание сердца. Он так описывал это: «Под конец начинает ощущаться слабость мышц, появляется легкое головокружение, глаза застилает туман... В такой момент команда «Ходу!» как бы заставляет очнуться, появляется необыкновенный подъем, кажется, будто не делаешь никакого напряжения

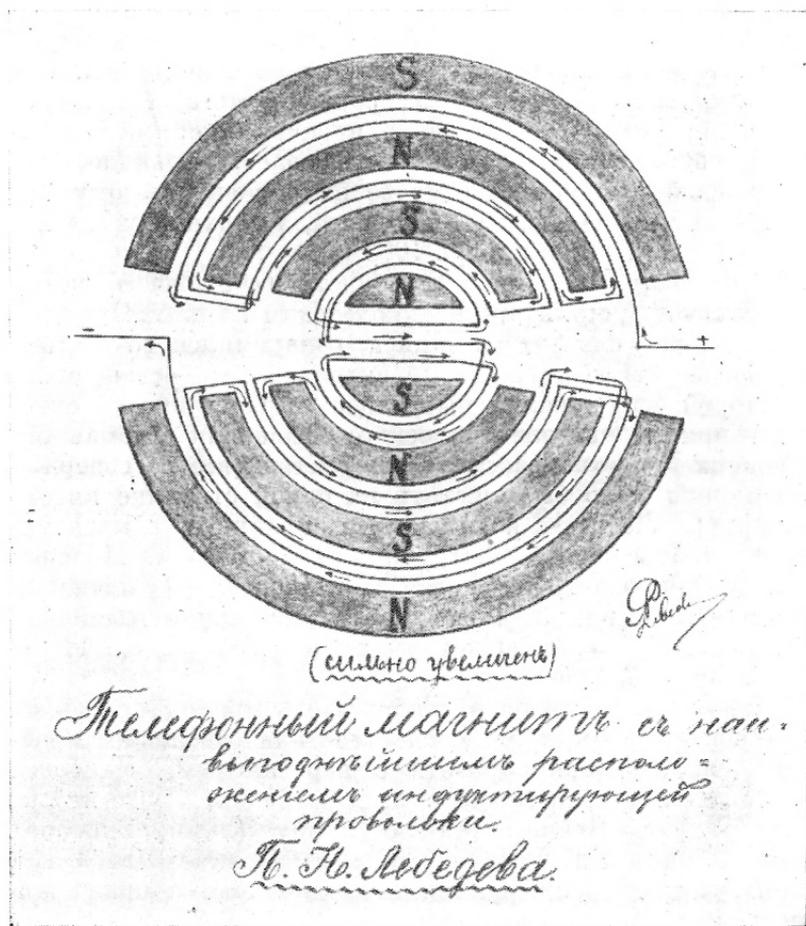


Рис. 2. Проект усовершенствования телефонного магнита

для того, чтобы лодка неслась стрелой. И только по выходе на берег реакция заставляет себя чувствовать»⁹.

Однако Лебедев не бросал своего увлечения изобретательством. Судя по записям в дневнике, первые его попытки изобретать, как уже отмечалось, относятся к январю 1882 г. (усовершенствование наконечников магнита

⁹ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 123—124.

в телефоне Говера, рис. 2). В записи от 9 января он уже затрагивает другую проблему: «...видел, как на площади храма Христа Спасителя горят чиколевские лампы. Не-хорошо: дымчатые стекла замерзли, от этого свет вокруг очень неровный; столбы очень низкие, отчего интенсивность света слишком резко ослабевает: очевидно, ток очень слаб и машинка идет очень неровно, потому что дуга горит неровно и часто мерцает, а верхний уголь колеблется» (№ 110/I, январь 1883 г.).

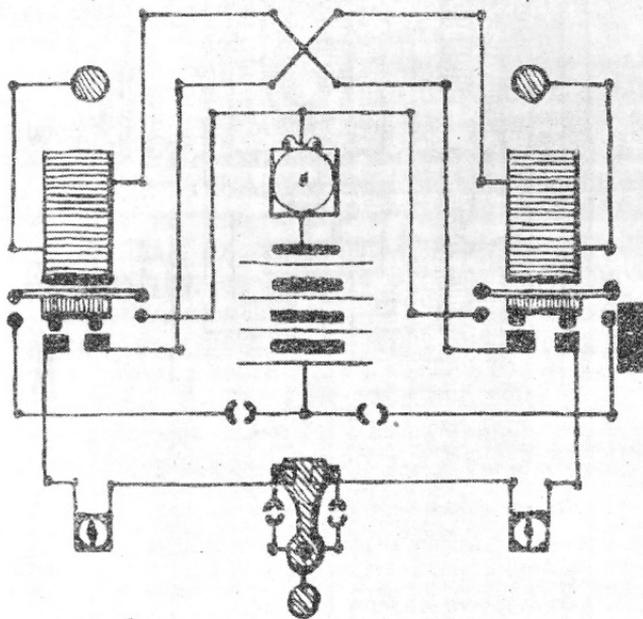
В февральской записи речь идет уже о проекте четырехугольного регулятора к чиколевским лампам. При этом Лебедев, как следует из записи, ознакомился со статьей Чиколева «Безопасность электрического освещения», в которой оспаривалось бытующее тогда мнение об опасности применения электрического освещения в домашних условиях. Отметив растянутость статьи (все ее содержание можно было бы уместить на одной странице вместо четырех), Лебедев констатирует крайнюю непрактичность чиколевской конструкции зажигателей. Молодой критик заключает, что новая конструкция «Тушитель и зажигатель» (рис. 3) может стать интересной темой для сочинения в Техническом училище (Лебедев готовился поступать в это училище).

Годом позже молодой изобретатель приходит к выводу о нерентабельности чиколевского типа освещения и невозможности конкурировать с керосиновым. Наиболее перспективный тип освещения, по Лебедеву, — это лампы накаливания. Впервые такую лампу (лампу Эдисона) Лебедев увидел 27 января 1883 г. в магазине Швабе. Его заинтересовала конструкция подводки тока к накальной нити, и он вскоре разгадал принцип ее действия.

За март 1883 г. Лебедев занес в дневник 12 проектов изобретений и идей, среди них описание конструкции велосипеда с аккумулятором, электродвигателя (по Труве), гальванометра для переменного тока и охладителя для газовых машин, указателя телеграмм с поступательным и обратным ходами (рис. 4), расчет энергии, приходящей на батарею с каменным углем, снегоочистителя на железной дороге, усовершенствования для машины Грамма, электрических часов (рис. 5), элемента с огромным внутренним сопротивлением и дуплекса.

Однако еще с августа 1882 г., прочитав об униполярной индукции, Лебедев не переставал думать о проекте

18 26 89 in. *В. С. Чиколев*



*Схема автоматического
тушителя и зажигающего
моторов (с соответствующим
соответствующим) Коммутатором
тоже с соответствующим*

Рис. 3. Схема автоматического тушителя и зажигающего к электрическим лампам Чиколева

униполярной динамомашины без коллектора. Он заносит в дневник ряд проектов такой машины, и идея изобрести такую машину стала основной в его дальнейших поисках.

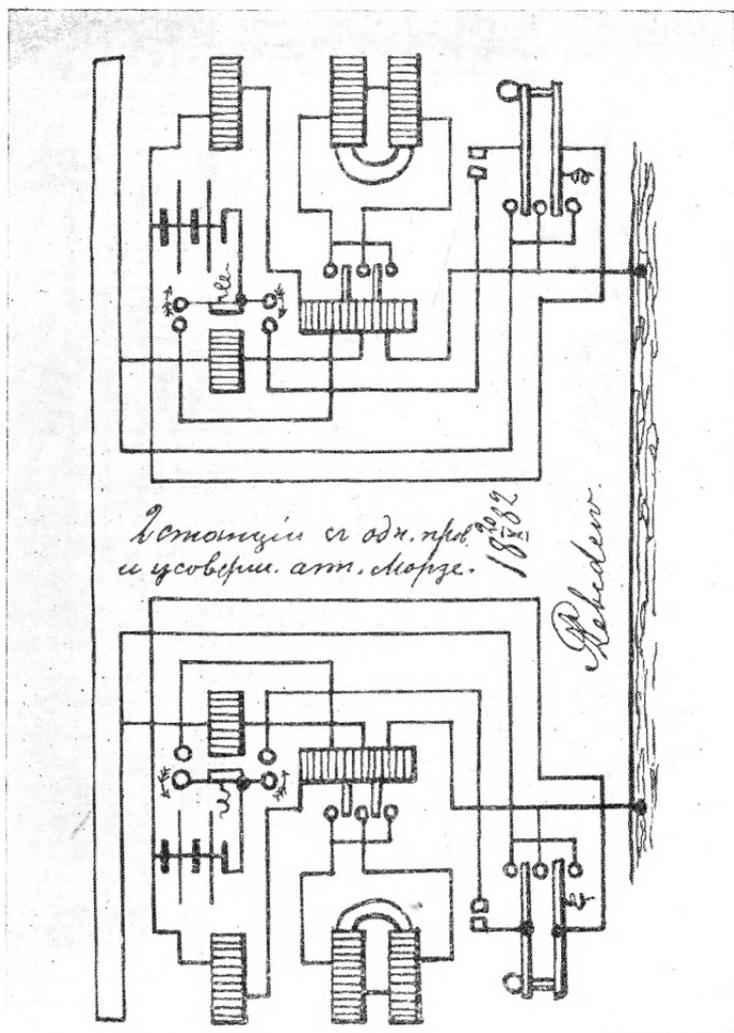


Рис. 4. Проект усовершенствования аппарата Морзе

Увлечение молодого Лебедева униполярной машиной весьма интересно. Оно не только характеризует состояние тогдашнего уровня знания об электромагнитных явлениях, но и объясняет причину коренного изменения научных планов самого Лебедева.

Название «униполярная машина» возникло в связи с существовавшим тогда представлением о так называемой «униполярной индукции». Еще Фарадей полагал, что когда магнит симметричной формы вращается вокруг собственной оси, то создаваемое им магнитное поле остается неподвижным. Однако в этом случае при вращении магнита должен возникать ток в радиальном направлении толщи магнита. Экспериментально проверить эту гипотезу довольно трудно, ибо для регистрации этого тока необходимы неподвижные соединительные провода, если предположить, что магнитное поле при вращении магнита не вращается вместе с ним. В литературе того времени описывался подобный эксперимент, где регистрировалось возникновение тока. И хотя объяснение его было весьма сомнительным, экспериментальный факт послужил основой зарождения представления об униполярной индукции.

На основании этих представлений Лебедев сконструировал униполярную динамомашину. В этой машине невращающиеся обмотки электромагнита питались от химического источника тока. Радиально оси электромагнита располагалась система проводников, концы которых составляли два общих полюса. И так как система проводников неподвижна, а вращается лишь сердечник электромагнита, то, согласно представлениям об униполярной индукции, в системе проводников должен индуцироваться ток одного направления. Таким образом, конструкция не нуждалась в коллекторах.

Лебедев рассмотрел ряд вариантов униполярной машины (рис. 6).

В конце концов вопрос о будущей профессии начинающего изобретателя был решен. Теперь уже отец оказывал Лебедеву необходимую финансовую помощь для осуществления задуманного проекта. К сентябрю 1883 г. на заводе Густава Листа была изготовлена экспериментальная модель машины. Но тока она не дала. «Пробовал машину, — писал Лебедев в дневнике, — она не пошла из-за слабости тока от 3-х элементов Гренэ. Я не унываю».

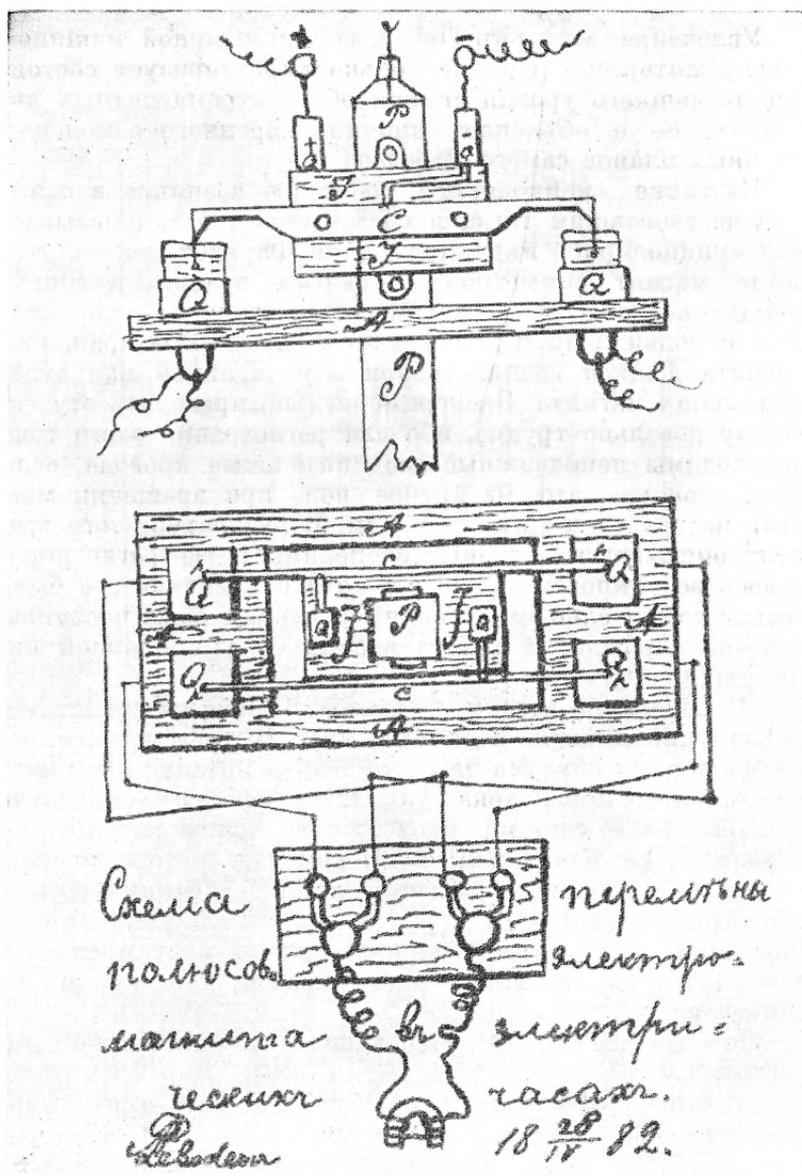


Рис. 5. Проект усовершенствования электрических часов (вид сверху и сбоку)

А — рама для крепления чаши со ртутью, Р — маятник часов, J — изоляционная планка, скрепленная с маятником Р и качающимися полюсами С

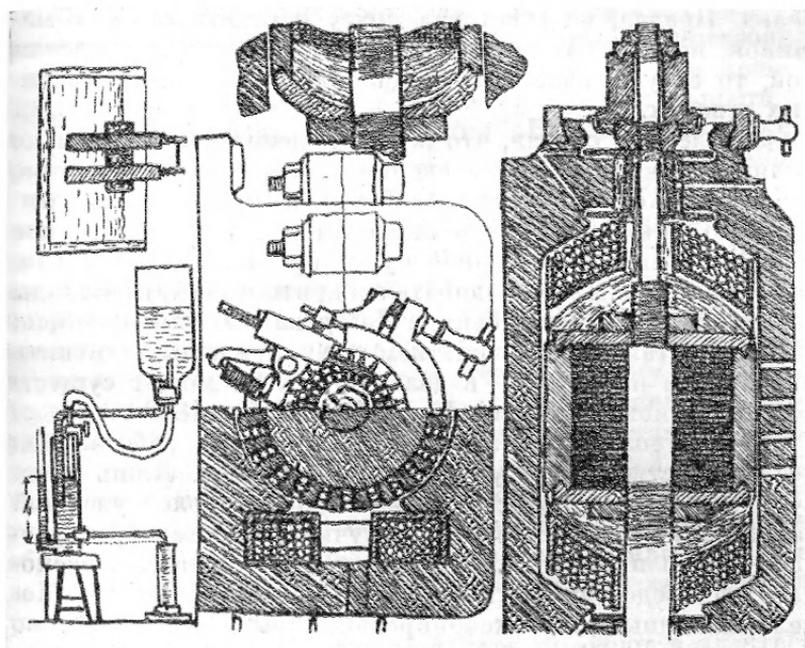


Рис. 6. Схема варианта униполярной машины

И тут же приводит новый вариант машины. И опять неудача. «Кавардак: опыты с машиной не удаются, — констатирует юноша, — настроение ужасное. Кругом знаки вопроса не дают покоя, мир покрыт пустой дымкой — ничего не вижу... Скверно!» (№ 110/4, 22 сентября 1883 г.).

Лист успокаивал изобретателя, пытался внушить бодрость тем, что неудачи у всех бывают. «Я был совсем опечаленным, — писал далее Лебедев, — но оказалось, что идея верна, я напутал в соединениях. Хайновский советовал обсудить в Обществе естествоиспытателей и в Техническом обществе». Опять закипела работа на заводе Листа. И вновь неудача. Как полагал Лебедев, причиной явились слабые магниты.

С января 1884 г. Лебедев начал разрабатывать новый вариант униполярной машины. Но прежде чем начать строить машину, он представил свой проект на полуофициальное обсуждение специально созданной комиссии. В обсуждении проекта принял участие и Саша Эйхен-

вальд. Правда, он советовал другу оставить затею с машиной, полагая, что если бы идея Лебедева была надежной, то ее уже давно бы создали в других, более развитых странах.

Лебедев же считал, что в любом деле важны не только личный престиж и завоевание доверия специалистов, столь необходимые для дальнейшей практической деятельности инженера, но и патриотизм автора, понимание того, что его изобретение будет принадлежать России. Очевидно, Эйхенвальд попытался критиковать эти взгляды товарища, так как в дневнике Лебедева есть такая запись: «Саша ругал за патриотизм. А я — нельзя менять патриотизм на науку — в делах науки не может существовать национальность» (№ 110/5, декабрь 1883 г.).

Почти полтора года Лебедев настойчиво работал над усовершенствованием униполярной машины. Лишь в августе 1885 г. он представил на завод наиболее удачный вариант. Тогда же Лебедев получил из Петербурга уведомление о принятии его изобретения в качестве экспоната на предстоящей Выставке по электротехнике¹⁰. Модель машины для экспонирования была построена, но она не давала тока, и молодому изобретателю пришлось аннулировать договор с устроителями выставки.

К началу 1887 г. на заводе Листа была изготовлена новая машина. Но она опять не дала тока. Разочарованный, он записывает в дневнике: «Делал разные опыты с моей машиной и «пробной обмоткой» — результаты удивительны. Верхняя часть магнита снята (рис. 7). Машину магнетизировали от машины Эдисона чем-нибудь вроде 8 АМП, а якорь вращали рукой.

Когда *B* входит в *P* — на гальванометре показания +

Когда *A* входит в *P* — на гальванометре показания +

Когда *B* выходит из *M* — на гальванометре показания —

Когда *A* выходит из *M* — на гальванометре показания —

Трудно понять, что это? Объяснения покуда еще не знаю» (№ 82, февраль 1887 г.).

¹⁰ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 4.

Потерпевший фиаско изобретатель вынужден был отработать на заводе, возмещая расходы на постройку машины. К этому времени коренным образом изменилось представление Лебедева об инженерной деятельности и о законе униполярной индукции. В одном из писем к Бекневу он писал: «Я не знаю, знали ли Вы о моих униполярных машинах, которые я изобрел, будучи учеником реального училища, но не могу не упомянуть одного «дорогого» курьеза: я измыслил, на основании существовавших тогда теорий, такую — и сейчас скажу — остроумную машину, что директор завода Густав Лист предложил мне без промедления выстроить машину на 40 лошадиных сил; я сделал чертежи, машину отстроили (штука вышла в 40 пудов), и ток не пошел. С этого капитального фиаско началась моя экспериментаторская деятельность; этот злополучный опыт, который стер меня в порошок, не давал мне покоя, пока я не нашел физической причины, его обуславливающей: это коренным образом перевернуло мои представления о магнетизме и дало им ту форму, которую я впоследствии за границей узнал у английских авторов.

Очень может быть, что мой первый дебют в электротехнической изобретательности мог кончиться благополучно и с большим эффектом, что, конечно, заставило меня стать на другие рельсы, и потом вряд ли я мог бы перейти на научную работу, но несчастье с машиной повлекло очень упорную и разностороннюю работу мысли над причиной явления, я мало-помалу от технических применений перешел к самим явлениям — и у меня стали копошиться мысли о том, каким образом мне иллюстрировать основы моей магнитной теории на опыте, — я, того не замечая, перешел из техники в научную сферу»¹¹.

Лебедев оказался не в состоянии объяснить причину неудачи с униполярной машиной. Он обратился за разъяснением к московским специалистам и ученым, но в те времена трудно было увидеть несовершенство распространенного представления об униполярной индукции. Магнитное поле представлялось тогда в виде «силовых линий», симметрично окружающих магнит. Считалось, что при вращении магнита магнитное поле вра-

¹¹ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 562.

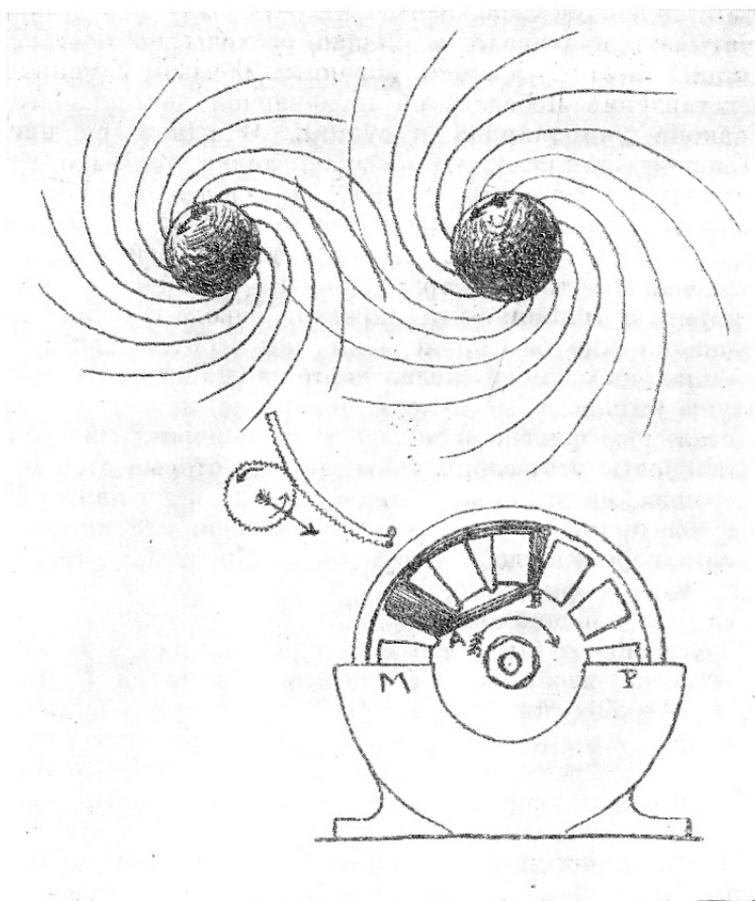


Рис. 7. Последний вариант униполярной машины (внизу) и схема к доказательству эфирного происхождения гравитации (вверху)

щалось вместе с магнитом¹². Индукцию тока истолковывали как следствие пересечения проводниками «силовых магнитных линий».

В действительности же при вращении магнита вокруг своей оси воображаемые «силовые линии» не вращаются, а индукционный ток возникает в замкнутой цепи от изменения во времени магнитного потока, охватываемого

¹² Хвольсон О. Д. Курс физики. 1923, т. 5, с. 257.

контуrom данной цепи. Если магнитное поле и проводник неподвижны, то поток магнитной индукции не меняется ни по величине, ни по направлению и в проводниках ток не индуцируется. В конструкции Лебедева как раз имел место такой случай. Однако сам Лебедев понял причину неудачи гораздо позже.

Но не только неудача с униполярной машиной заставила Лебедева пересмотреть свои стремления стать инженером. Работая на заводе Листа, он познакомился и с той практической стороной инженерной деятельности, о которой прежде знал очень мало. Вот как Лебедев охарактеризовал эту деятельность в том же письме к Бекневу: «Я представлял себе деятельность инженера как деятельность изобретателя, мысли которого исполняют слесаря, но пребывание на заводе Листа показало мне практику жизни, и это заставило меня несколько отшатнуться и сжаться».

Но прежде чем завершить анализ процесса изменения интереса Лебедева к инженерной деятельности, необходимо осветить те стороны его биографии, которые сопутствовали столь драматическому отходу юноши от былых увлечений техникой и положили начало его научным исследованиям в области физики.

Первоначальное техническое образование Лебедев получил в Реальном техническом училище Хайновского. В 1883 г. он закончил его с аттестатом, дающим право держать экзамен для поступления в Московское техническое училище (теперь МВТУ им. Э. Н. Баумана). Но поступить туда оказалось делом нелегким: вступительные экзамены были сродни тем аттестационным, которые с трудом одолевали гимназисты. Понимая это, Лебедев писал: «Как я успел заметить по преподаванию, мне не поступить в Техническое училище, так как я слишком мало подготовлен»¹³. Не помогла ему и подготовка с репетитором.

Казалось бы, талантливому юноше учеба должна была даваться легко, однако и в коммерческом, и в реальном училищах Лебедев учился средне. И все же учителя не могли не заметить в нем искры таланта и увлечения научными знаниями. Характеризуя Лебедева, Совет училища Хайновского отмечал: «Чрезвычайно симпатичный,

¹³ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 22, с. 38.

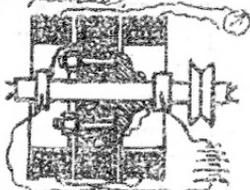
1887. 109

16 Января — Пятница.

Моя мамина [18 Января 1887] востроумная
на, да и не знает вместе на 65 766 и 100 300
уши и волосы; посылу и посылку писем
Красноярск отменяю для посылки Дамара
двух часов отменяю на неопределенное время.
На самом деле не знаю точно сколько
летит и не знаю много ли часов. — Как
найдут эти дневные, я собираюсь сдать в ар-
хив мои предыдущие дневники и написать
оному из них все как было интересно.

7 Декабря 1883.

Получение тока от
гальваник проводника
// току. В обратном
аппарате — Брисеуме
одна пембра. —
На основании Faraday
Widom, "Elect." III 99.



10 Октя. 1884

Графическая док-ца, аналитическая
методика Кипитовна.

15 Декабря 1884

Классика - м. мамина
для токов пестова.
Никола Карамзин



23 Января 1883

Аналитическая правдолюбия для
затемнения направилась, индивидуаль-
ные токи в проводниках, электрические в
материальных телах
" более наблюдательны двоящиеся на-
" щем вперед и тогда, тогда, тогда
" математическая сила, отражающая
" вверженные телом, тогда, тогда
" если (или) тогда, тогда, тогда
" тогда, тогда, тогда, тогда, тогда
" тогда и тогда.

Рис. 8. Первая страница дневника П. Н. Лебедева — студента МТУ

любящий умственную деятельность, горячий поклонник наук»¹⁴.

Юноша успел приобрести немалые познания в области техники, математики, физики и химии, постоянно пополняя их из учебной и журнальной литературы. Однако много времени и сил он затрачивал на попытки осуществ-

¹⁴ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 3.

изучению текущей научно-технической литературы и занятию спортом. К тому же он систематически посещал театр, принимал участие в самодеятельных спектаклях, которые вместе с друзьями устраивал в пригородах Москвы.

На вступительных экзаменах в МГУ летом 1884 г. Лебедеву не повезло. И не потому, что он был недостаточно подготовлен. Главным виновником явилась общая нервная обстановка, характерная для экзаменов во многие учебные заведения России тех лет.

Вот как описывал Лебедев свое состояние в тот день: «Вступительные экзамены начались у меня письменным экзаменом по математике. Этот экзамен сошел у меня плохо: задачу алгебры я совсем не решил, а задачи по геометрии и тригонометрии не окончил...». Далее шел устный экзамен по математике: «...г. Лебедев, пожалуйста к Михайловскому. Так как на то, как там спрашивают, я не был «душевно» подготовлен, то сразу мне представился «провал», и я-таки порядком струсил. Наконец, Михайловский дает мне задачу, которую я не могу решить. Я представился, что мне дурно, но думал, что Михайловский меня не отпустит, но он любезно отложил экзамен на час, а сам ушел завтракать. Я тем временем... попросил отложить экзамен на понедельник 20-го, ссылаясь на мое здоровье. Он тотчас же передал меня на освидетельствование доктору, который нашел во мне жар и отпустил домой, перенес экзамен на 20 августа»¹⁵.

Повторный экзамен прошел успешно, и Лебедев был зачислен студентом технического училища.

Обучение в МГУ оставило у Лебедева двойное впечатление. Юноша был восхищен высоким уровнем чтения лекций по фундаментальным научно-техническим проблемам, но вместе с тем его совершенно не удовлетворяла система подготовки инженеров. Так, в письме к Бекневу он писал: «Попад в техническое училище с головой, набитой всевозможными вопросами, с техническими знаниями, превосходящими знания всех товарищей, и с врожденным интересом к делу, я столкнулся с самой нелепой, чудовищной системой: уже зная, что требует практика, я должен был выполнять, например, по чертежу такую ерунду, которая никогда не может и трех

¹⁵ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 32.

дней просуществовать на практике и даже в виде мысли не придет в голову среднему человеку — это с одной стороны. С другой стороны, я не встретил ни в одном товарище интереса к делу по существу, попросту инженерного таланта: все это были только ученики, которые учат то, что им преподают, с одной мыслью о зачетном балле; я был на десять лет старше их. С точки зрения ученической все мое пребывание в техническом училище было какой-то неразберихой: все мне было противно, от всего я отлынивал и, вероятно, кончил бы очень плохо — меня бы, вероятно, уволили за тупоумие и лень»¹⁶.

Но вот лекции Н. Е. Жуковского и других ученых, как признал сам Лебедев, способствовали увлечению научным творчеством. И первые научные исследования по физике он осуществил в физической лаборатории МТУ, руководимой профессором В. С. Щегляевым. Впоследствии Лебедев писал профессору Л. А. Чугаеву: «Я сам — бывший студент МТУ, и мои первые попытки заниматься физическими исследованиями связаны с Вашей физической лабораторией. Теперь, через двадцать с лишним лет, я с особым чувством вспоминаю этот первый толчок к научной деятельности, очень радуюсь, что случай дает мне возможность мою благодарность этой лаборатории облечь в реальную форму, рекомендуя в ее число работников одного из наиболее способных моих учеников»¹⁷.

Первому научному исследованию по физике, осуществленному Лебедевым в физической лаборатории МТУ, предшествовали многочисленные попытки критически осмыслить ряд физических вопросов. Многие из них окончились безрезультатно. Эти неудачи можно объяснить не только неопытностью начинающего исследователя, но и несовершенством тогдашних представлений о физических явлениях.

К числу таких же неудач относится попытка усовершенствования химического источника электрического тока. Тогда уже был известен элемент Лекланше (1878), в котором один электрод (угольный) помещался в перекись марганца, а другой (цинковый) — в раствор нашатыря, и получалась ЭДС, равная 1,6 В. Существовал и

¹⁶ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 562.

¹⁷ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 4. Речь идет о П. П. Лазареве.

другой тип элемента Лекланше, где отсутствовала перегородка между двумя растворами, а угольный стержень и цинковая палочка помещались в общий раствор нашатыря, причем угольный электрод был окружен прессованной смесью из перекиси марганца, графита и шеллака (непроводящего компонента). Лебедев отмечал как недостаток слишком ограниченное время действия этих элементов и большой расход цинка. Он полагал, что можно увеличить время действия такого элемента путем автоматического воссоединения разлагающегося химического компонента в процессе работы источника тока. Но решение этой задачи можно сравнить с попыткой изобрести «вечный двигатель».

С 1886 г. Лебедева увлекла гипотеза об эфирной природе электричества. До него этой проблемой интересовались многие, и в частности Уильям Томсон (лорд Кельвин). Лебедев решает экспериментально исследовать те гипотезы, которые в принципе поддаются практическому доказательству.

Лебедев, например, критически проанализировал эфирную теорию электричества Эдлунда. «Против теории Эдлунда, — писал он в дневнике, — есть несколько веских положений: 1-е — если какое-нибудь материальное тело движется в соседстве другого тела, то эфир, влекомый движущимся первым телом, вторым будет задерживаться, так что в конце концов эфир будет двигаться с некоторой скоростью как относительно первого тела, так и относительно второго. . . Следовательно, всякое тело при движении в мировом пространстве должно нагреваться. 2-е возражение. Как объяснить себе разницу между проводником и изолятором с точки зрения эфирной теории электричества? 3-е. Как объяснить нагревание, фосфоресценцию, не допуская колебаний? 4-е. Как объяснить магнетизм, а главное — индукцию? (№ 82, с. 16).

Лебедев все больше и больше убеждался в единстве природы физических сил взаимодействия. Впоследствии эти убеждения он положил в основу его «Плана научных исследований». Однако вначале Лебедев попытался применить эфирную гипотезу электричества для доказательства взаимного притяжения планет Солнечной системы. «Два тела, — отмечал он, — вращаются в одной плоскости в одну сторону в среде, имеющей внутреннее

трение, притягиваются подобно колесу, бегущему по зубчатке» (№ 82, с. 11). Затем следовало неожиданное: «Нептун все дело портит».

Судя по более поздним записям, эфирная теория электричества была главной проблемой, которую Лебедев пытался решать в течение многих лет. Вначале, пытаясь объяснить происхождение электрического тока, он рассуждал таким образом: «Отчего бы не допустить гипотезу, что электрический ток есть вращение эфира в плоскости, перпендикулярной направлению проводника. Тогда очень удобно объяснять все электродинамические явления тока, рассматривая магнетизм как Томсоновское «Wirbeling» эфира, а линии магнитных сил — как прямолинейное движение эфира. Отлично объясняется тогда диамагнетизм (№ 82, с. 24). Далее следовала оговорка: «Я предполагаю за границей заняться вопросом «О природе электрического тока», причем прежде всего допустить, что это не есть какое-либо одно определенное движение эфира, а целая сумма всевозможных движений в изменяющихся пропорциях, т. е. поступательного, вращательного, колебательного и т. д. Словом, всевозможные движения» (№ 82, с. 22).

Таким образом, Лебедев видел лишь один возможный путь познания происхождения электрических свойств материи — изучение всевозможных движений. Именно движения материи должны быть главной причиной электрических свойств материи.

Вторая физическая проблема, которой Лебедев интересовался в студенческий период, — это происхождение нормального геомагнетизма (рис. 10). «Кстати, — писал он в дневнике, — опыты для проверки Эдлундовской теории униполярной индукции в связи с теорией У. Сименса о происхождении земных токов: первый вид — с шарами, второй — с диском, в котором образуются токи, как в диске Фарадея» (№ 82, с. 7).

С этой целью Лебедев изложил в дневнике видоизмененную идею опыта Роуланда. В 1903 г. он реализовал ее в экспериментальной установке, а спустя семь лет осуществил исследования проблемы происхождения нормального геомагнетизма.

К началу 1887 г. дневник Лебедева содержал только идеи и экспериментальные проекты по проблемам физики. Доминирующее место занимали вопросы природы

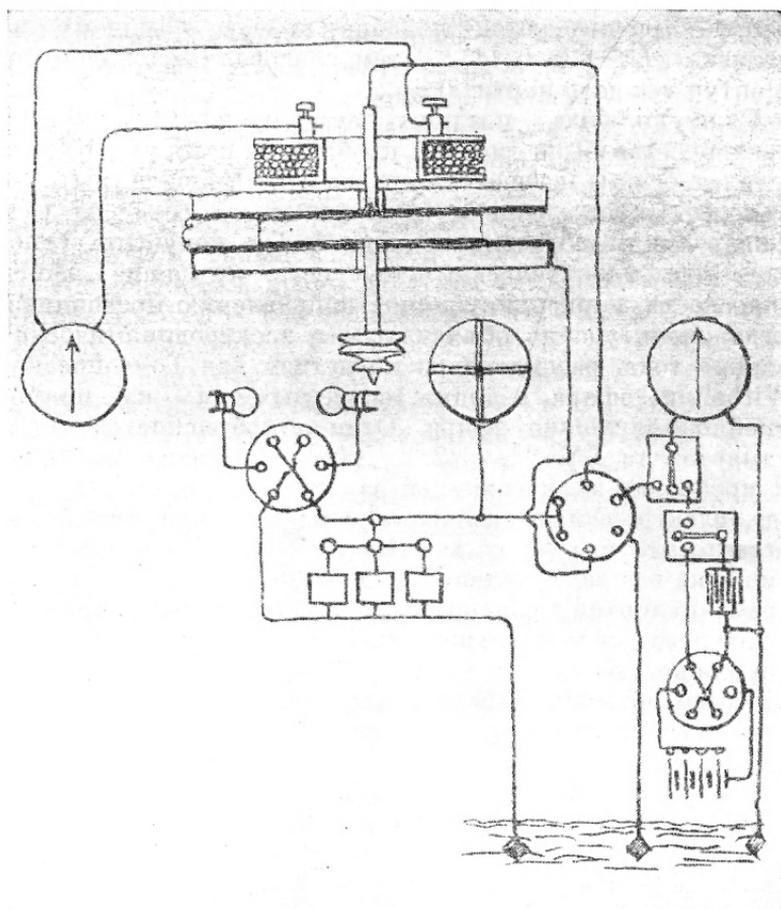


Рис. 10. Проект экспериментальной установки для проверки гипотезы о происхождении земных токов

электричества и магнетизма. К наиболее интересным можно отнести следующие:

проект экспериментальной установки для опытного доказательства влияния диэлектрика, вращающегося между двумя заряженными телами, на уменьшение электростатического взаимодействия;

проект установки для более точного экспериментального измерения скорости в двух средах с помощью дифракционных полос;

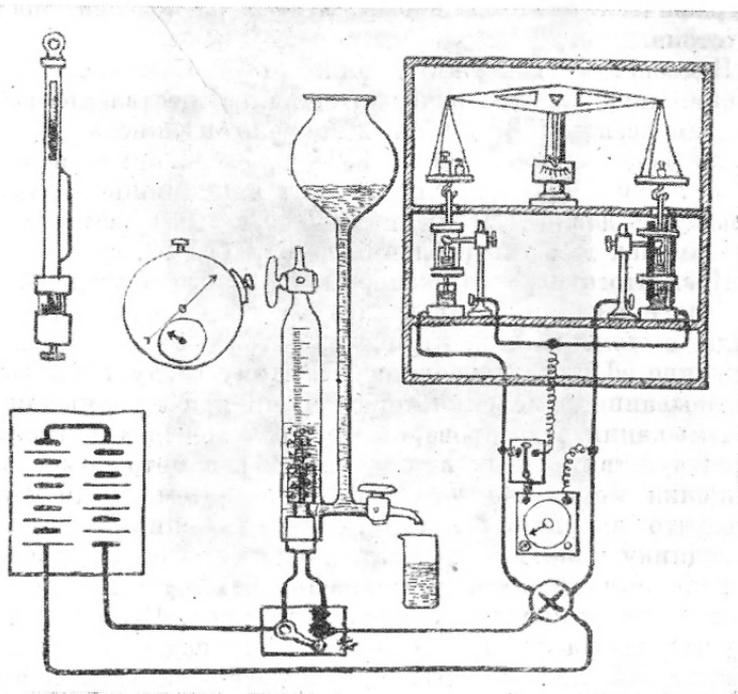


Рис. 11. Схема экспериментальной установки, примененной Лебедевым для обнаружения инерции электрического тока

проект эксперимента по установлению «абсолютной» единицы электрического сопротивления проводников;

идея установления связи между зависимостью удельного сопротивления от температуры и зависимостью диэлектрической проницаемости от температуры вблизи абсолютного нуля (-210° С, достигнутой в те времена);

проект экспериментальной установки по обнаружению инерции электрического тока в проводниках, использованный в опытах, осуществленных в физической лаборатории МГУ;

проект установки для определения величины скорости электрического тока в проводниках;

идея экспериментального измерения магнитной проницаемости амальгамы ртути (различной концентрации);

графический метод доказательства равновесия моста Уитстона.

В дневниках содержится лишь отчет об исследовании явления инерции электрического тока, осуществленном Лебедевым весной 1887 г. Так, 23 апреля он записал: «Вчера в физической лаборатории МГУ я проводил опыты по проверке теории Эдлунда. Способ этот в принципе задуман мною уже давно (20 июня 1886, IX, 106), затем был видоизменен для употребления весов» (№ 82, с. 28).

Идея этого первого экспериментального исследования в области физики базировалась на предположениях Эдлунда о том, что электрический ток — поступательное движение эфира в проводнике. Поэтому следует ожидать запаздывания изменения тока в цепи при ее замыкании и размыкании. Для проверки гипотезы Лебедев применил метод чувствительных весов (рис. 11) и метод быстрого вращения металлического диска. При этом предполагалось, что инерционное изменение движения эфира по проводнику можно обнаружить по импульсам, передаваемым одному из плеч уравновешенных чувствительных весов, включенных в электрическую цепь. Второй метод основывался на предположении о возникновении разницы потенциалов между центром и периферией быстро вращающегося металлического диска.

Опыт не подтвердил гипотезу Эдлунда, причем проведенный Лебедевым предварительный расчет, основанный на существовавшем тогда предположении, что скорость движения эфира по проводнику равна от 30 000 до 40 000 м/с, показал, что чувствительность применяемых весов была бы достаточна лишь для обнаружения самого эффекта.

Отрицательный результат эксперимента побудил Лебедева заключить, что «вообще нет никакого перемещения эфира вдоль проводника при тех обстоятельствах, которые Эдлунд находит необходимыми» (№ 82, с. 29).

Эта гипотеза исследовалась в 1880 г. А. Ройти и Э. Лехером, которые тоже получили отрицательный результат. В сохранившихся набросках статьи Лебедева есть такие замечания: «Сопоставляя результаты, полученные мною, с результатами А. Ройти и Э. Лехера, мы должны прийти к заключению, что электрический ток не может быть только поступательным движением эфира, как этого требует гипотеза Секки и Эдлунда» (№ 82, с. 22).



П. Н. Лебедев — студент МТУ

Известно, что почти одновременно с Секки и Эдлундом этой задачей занимался и Г. Герц (1879)¹⁸. Однако он решал ее иначе. Герцу удалось установить едва заметный эффект, относящийся не к инерции тока, как такового, в проводниках, а к инерции электромагнитного процесса при размыкании и замыкании цепи, содержащей индуктивность. Попытка Герца обнаружить прямым образом инерцию тока в пластинке, вращающейся вокруг собственного центра массы, также не имела успеха¹⁹.

Причина всех этих неудач заключалась в несовершенстве представлений о природе электрического тока. В те времена еще не знали о существовании электронов — носителей электрического тока в металлах, не знали и истинной скорости направленного движения носителей тока в проводниках. Поэтому обнаружить инерцию их движения способами, которыми пользовались Герц, Секки, Эдлунд и Лебедев, было невозможно.

¹⁸ Григорьян А. Т., Вяльцев А. Н. Генрих Герц. М., 1968, с. 17.

¹⁹ Там же.

Впервые истинный эффект инерции тока наблюдали Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси в 1911 г., но об этом факте они в печати не сообщили²⁰. В 1916 г. Толмэну и Стюарту удалось зарегистрировать этот эффект методом «мгновенной» остановки быстровращающейся катушки: в первые мгновения после остановки электроны в проводниках катушки еще продолжают движение, вызывая слабый импульс тока, который и был зафиксирован чувствительным гальванометром. При этом направление электрического тока соответствовало направлению инерционного движения электронов. В 1926 г. Толмэн осуществил еще более точное измерение тока, и по количеству электричества, протекшему после остановки катушки, а также по сопротивлению катушки и скорости ее вращения было подсчитано отношение заряда электрона к его массе. Оказалось, что эта величина, названная удельным зарядом, хорошо согласуется с результатом, полученным методом отклонения катодных лучей.

Намеченный на август 1887 г. отъезд Лебедева в Страсбургский университет был отложен в связи с неожиданными обстоятельствами: скоропостижно, от сердечной болезни, на 46-м году жизни скончался Николай Всеволодович. Юридическое оформление наследника семейного капитала заняло почти два месяца. Лишь в начале октября 1887 г. Лебедев прибыл в Страсбург.

Страсбургский университет

Итак, в первых числах октября 1887 г. Лебедев пересек границу Германии. Она встретила юношу густой сетью железнодорожных путей и шоссейных дорог, превосходно оборудованных и красиво обрамленных фруктовыми и декоративными деревьями, хорошо обжитой землей, добротными постройками. Все это было так непохоже на Россию. Еще более непонятной оказалась для Лебедева политическая обстановка в Германии тех лет. Впрочем, он и не стремился разобраться в ее особенностях, а поэтому и не увидел нарастающих в стране противоречий между народившимся пролетариатом, с одной стороны, и промышленниками и старой германской аристократией — с другой. Растущая германская промышлен-

²⁰ Курс физики. Под ред. Н. Д. Папалекси. М., 1947, т. 2, с. 99.

ность и развитая сеть железных и шоссейных дорог свидетельствовали о милитаризации страны. Уже тогда Германия выступала как империалистическая держава Западной Европы, господствующий класс которой стремился расширить зоны своих владений и обогатиться за счет эксплуатации дешевой рабочей силы поработанных народов.

И, конечно, Лебедев еще не отдавал себе отчета в том, что значительное развитие науки в Германии, и в основном ее прикладных областей, было обусловлено внутренней политической обстановкой. Рост военной промышленности требовал новых и достаточно квалифицированных специалистов. В стране специально создавались благоприятные условия для организации научно-исследовательских лабораторий и институтов. Но при такой внутриполитической обстановке решение обобщающих проблем науки отходило на второй план.

К 80-м годам XIX в. особых успехов добились немецкие физики и математики. Неудивительно, что многие молодые люди, не находя в России должных условий для применения своих творческих способностей, стремились попасть в научно-исследовательские лаборатории Германии.

Из всех научных центров по физике того времени Физический институт Страсбургского университета занимал одно из наиболее видных мест. Сюда приезжали учиться представители многих стран мира. Порядки, введенные в институте, не только открывали большие возможности перед всеми желающими получить образование и научную практику, но и предоставляли право добиваться степени доктора философии. В Страсбургском физическом центре в различное время работали и обучались С. Я. Терешин, Д. А. Гольдгаммер, В. С. Щегляев, В. А. Михельсон, Г. Г. Де-Метц, В. А. Ульянин, Д. П. Коновалов, Б. Б. Голицын, А. А. Эйхенвальд, Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси и многие другие ученые, ставшие впоследствии известными физиками.

Мировая слава Страсбургского физического центра во многом обязана деятельности талантливого руководителя научной школы физиков Августа Кундта (1839—1894). Этот выдающийся физик унаследовал от своего учителя Густава Магнуса (1802—1870) лучшие качества организатора и руководителя научных исследований. Если Магнусу удалось организовать частную физическую лабора-

торию на собственные средства, то Кундту посчастливилось построить на государственные средства физический институт. По структуре и оснащенности материальной базы учебных и научно-исследовательских лабораторий Страсбургский физический институт стал образцом для многих физических институтов, созданных впоследствии в других странах.

Страсбургский институт имел обширную и удобную физическую аудиторию со всеми приспособлениями для экспериментальных демонстраций, а также малую аудиторию для математических курсов. Кундт позаботился о создании первоклассного демонстрационного кабинета и просторных лабораторий для начинающих и практикантов; в этих лабораториях было все необходимое для работы: вода, газ, электрический ток, тяги, консоли. При институте были созданы специальные лаборатории магнитных и оптических исследований — башня высотой 30 м для опытов с манометром и маятниками, подземные помещения для постоянных температур, химическая лаборатория, механическая мастерская, установленный в особом помещении газовый двигатель с динамомашинной, весовая, отдельно ртутная комната, фотокомнаты, кладовые и длинные просторные коридоры. Кундт впервые выявил во всей полноте наивыгоднейшие условия для обучения и научной работы будущих физиков.

Главное содержание научных исследований в этих лабораториях определялось интересами главы Страсбургского физического института и складывалось из проблем экспериментальной и прикладной физики довольно широкого профиля. Экспериментальные задачи возникали в результате появлявшихся в печати общетеоретических построений и прогнозирований, а также как следствие собственных экспериментальных исследований.

Так, в свое время Кундт совместно с Варбургом экспериментально исследовал известный в то время парадокс Максвелла, состоящий в том, что внутреннее трение и теплопроводность газа не зависят от давления, а лишь от химического состава газа и его температуры. Они установили отступление от этой закономерности при очень низких давлениях. В физическую литературу вошел как классический метод измерения скорости звука в газах, получивший название «кундтовые фигуры». Этот метод широко применялся в экспериментальных работах по

кинетической теории газов. Большое прикладное значение имели также металлические «кундтовские зеркала», с помощью которых удалось определить коэффициенты преломления света в металлах; эти зеркала сыграли принципиальную роль в развитии металлооптики и в учении о связи световых и электромагнитных явлений. Замечателен также «метод Кундта» (метод скрещенных призм) для наблюдения аномальной дисперсии света в поглощающих веществах.

Для работы в Страсбургском университете А. Кундт привлек первоклассных ученых, таких, как Эвальд Христовель — известный специалист по дифференциальным уравнениям математической физики; Эмиль Кон — теоретик, автор известного в те времена курса «Электромагнитное поле», учитель А. А. Эйхенвальда, Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси; Рудольф Фиттинг — профессор химии; Вильгельм Гальвакс — профессор, автор первых исследований фотоэффекта; Адольф Карцер — профессор математики; Людвиг Маер — тогда еще молодой математик; Теодор Райе — геометр; Карл Шеринг — профессор магнитолог; Франц Штенгер — специалист по электротехнике; Фридрих Кольрауш — профессор и специалист по электропроводности электролитов и другим вопросам физики; Отто Винер — ассистент главы страсбургской школы физиков и впоследствии профессор и автор работ по стоячим световым волнам.

По прибытии в Страсбург Лебедев нанял комнату в частном доме по Крутенштрассе 33, рядом с которым проживал прусский генерал. По вечерам у дома генерала часто играл духовой оркестр, мастерски исполняя военные марши, ставшие популярными в Германии.

В Страсбурге квартировали военные подразделения, постоянно маршировавшие по улицам города и заставлявшие помнить о военном превосходстве пруссаков²¹. Население Страсбурга состояло из представителей разных национальностей, много проживало французов. Горожане относились к германским военным с крайней антипатией,

²¹ Страсбург — один из старинных городов Западной Европы, экономический и культурный центр Эльзаса — в 1681 г. был присоединен к Франции. Во время франко-прусской войны 1870—1871 гг. был захвачен пруссаками и до 1919 г. входил в состав Германии. По Версальскому договору (1919) Страсбург возвращен Франции.

называя их «чурбанами, покрытыми стальными шлемами».

Вскоре состоялась первая встреча Лебедева с Августом Кундтом. По существовавшему тогда порядку желающий подготовиться к докторским экзаменам, написать и защитить диссертацию на звание доктора философии обязан был прежде всего доказать свою платежеспособность: в университете буквально за все надо было платить. Даже за аудиенцию у Кундта, длительность которой заранее оговаривалась, Лебедев должен был заранее внести определенную сумму в кассу.

Беседу Кундт начал с вопросов о предшествующей деятельности Лебедева. Лебедев, конечно, рассказал своему будущему учителю об увлечениях изобретательством и о том, как он коренным образом изменил свое намерение получить профессию инженера, поведал он и о неудачных попытках изобрести униполярную машину и об отрицательном результате экспериментального исследования инерции электрического тока в проводниках. Кундта не могли не удивить столь разнообразные интересы молодого собеседника. Правда, бесплодные попытки Лебедева достичь желаемых успехов не особенно удивили маститого ученого: он сам испытал горечь подобных неудач и хорошо знал, что без страстного желания достичь поставленной цели ничего великого в мире не совершалось.

Кундт обратил внимание и на то, что собеседник владеет превосходно немецким языком, был отлично знаком с назревшими и принципиальными проблемами физики и имел много оригинальных замыслов экспериментальных путей решения этих проблем. Стройный, высокий, с рыжеватыми волосами, цветом похожими на бороду самого Кундта, с мужественными, выразительными чертами лица и светло-синими глазами, Лебедев окончательно очаровал ученого. Кундт любезно предложил ему свое «опекунство» в подготовке к докторским экзаменам и защите докторской диссертации.

Вот как описывал Лебедев этот памятный эпизод в своей жизни: «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 и сам. Он некрасив: каштановые всклокоченные волосы, высокий, «умный» лоб, глубоко сидящие голубые глаза, орлиный нос, энергичный рот и светло-рыжая борода, лицо все изрыто оспой — все это должно было действовать неприятно, но у него, наоборот, пронизательный, страшно умный взгляд и вместе с тем выражение полнейшего равнодушия производит сильное противоположное действие; он невысок ростом и довольно широкоплеч. Принял он меня замечательно любезно; я любезности в такой степени никогда не ожидал. Поговорив со мной о том, что я хочу делать, и узнав, что я собираюсь держать докторский экзамен, он обещал руководить выбором лекций»²².

Кундт рекомендовал своему подопечному прослушать лекции по дифференциальным уравнениям математической физики, теории электрического поля, общие курсы по химии, высшей математике и экспериментальной физике, спецкурс по оптике, по магнетизму и электролитической проводимости. При этом изучение рекомендованной литературы являлось основой общеобразовательной подготовки к докторским экзаменам.

Слушая лекции, Лебедев впервые столкнулся с новым изложением программного материала, насыщенным критическим анализом существовавших тогда представлений и понятий в физике. В таком же духе читались лекции и по теории научного мышления, по философии Гегеля, Канта и др. Лебедев впервые познакомился с историей зарождения и развития философской науки. Определенный след в его представлениях о философских воззрениях оставил и пятитомный труд Александра Гумбольдта «Космос», отдельные места из которого юноша с восторгом цитировал в письмах к сестре.

Совершенно непривычная обстановка, новый учебный процесс и немалый объем литературы, подлежащей усвоению и переосмысливанию, заставили Лебедева искать наиболее рациональный и оптимальный путь занятий, который позволил бы сочетать всю учебную работу с начатым им исследованием несложных экспериментальных задач физики. Воспользовавшись знакомством с князем Б. Б. Голицыным, несколько ранее прибывшим в этот институт для получения образования, Лебедев пред-

²² Лазарев П. П. Очерки истории русской науки. М., 1950, с. 138.

ложил своему земляку совместно изучать литературу и тем самым ускорить процесс проработки литературного материала, не снижая ее качества. Члены этого своеобразного «кооператива» договорились читать каждый свою часть, а при встрече на обедах или ужинах рассказывать друг другу содержание прочитанного. Тут, однако, выяснилось, что Б. Б. Голицын не столь хорошо владеет немецким языком и часто искажает смысл прочитанной литературы. Поэтому Лебедеву пришлось невольно взять еще на себя роль «репетитора» по немецкому языку.

Лебедев читал книги с увлечением. «Для меня каждая страница прочитанного, — писал он, — заключает больше удовольствия, чем труда, потраченного на усвоение: таким образом, я с утра до вечера занят тем, чем хотел заниматься с 12 лет, и у меня только одно горе — день мал»²³.

Дискуссии между членами «кооператива» по поводу прочитанного нередко затягивались до полуночи. Такая проработка содержания лекций и литературы открыла перед Лебедевым новые представления о физических явлениях и закономерностях, в частности им была понята причина неудачи с построением униполярной машины.

«С каждым днем, — писал он, — я влюбляюсь в физику все больше и больше, так что кончится тем, что облачусь во власяницу и буду ходить по городам и весям с книжкой под мышкой и проповедовать законы Ампера и Фарадея»²⁴.

На вопрос сестры Саши, чем бы ей лучше всего заняться, Лебедев шутливо отвечал: «Я позволю дать совет не только тебе, но и всем родственникам, даже всему человечеству, занимайтесь физикой, лучшего совета дать ей-ей не могу»²⁵.

Еще одним открытием для Лебедева стали научные коллоквиумы Кундта. Они представляли собой не обычные итоговые занятия в учебном заведении, а, по замыслу их руководителя, служили средством коллективного и творческого обсуждения всего нового в науке.

Являясь великолепным педагогом, Кундт проводил каждый коллоквиум в форме соревнований между участни-

²³ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 138.

²⁴ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 12—17.

²⁵ Там же.

ками этого своеобразного научного форума. Обычно заседание начиналось с доклада либо сотрудника института, либо студента, завершившего свою исследовательскую работу. Затем все присутствовавшие задавали докладчику вопросы, и разгоралась дискуссия. Но самым интересным было поведение самого руководителя коллоквиума и отношение его к участвующим в диспуте. Кундт терпеливо выслушивал порой неверные суждения спорящих, давая возможность другим участникам коллоквиума отметить ошибки товарищей.

Поначалу коллоквиумы показались Лебедеву «не симпатичнее апокалипсического зверя», однако вскоре они стали для него истинным «источником наслаждения». «Если мне теперь предложат идти на симфонический концерт или на коллоквиум, я сильно буду колебаться»²⁶, — писал Лебедев в своих письмах.

Лебедев впервые столкнулся с такой учебной обстановкой, которая позволяла ему сравнить уровень своих знаний с уровнем других, нередко уже зарекомендовавших себя, талантливых исследователей. Ему часто приходилось вступать в полемику и вносить коррективы в решения обсуждавшихся на коллоквиумах вопросов, предлагать собственные идеи. Кундт хвалил Лебедева за активность и отмечал оригинальность его идей. Возрос научный авторитет Лебедева среди товарищей по университету. Личные же качества Лебедева способствовали его дружескому сближению со многими учеными и студентами, ставшими впоследствии видными физиками. К их числу относятся Ф. Пашен — автор спектральной серии излучения атомами водорода, названной его именем, Г. Рубенс — автор исследований испускательной и поглощательной способности металлов лучей инфракрасной области спектра, создатель конструкции гальванометра, названной его именем, М. Планк — специалист по термодинамике и впоследствии автор квантовой теории излучения света и др.

Чем дальше находился Лебедев вдали от родных мест, тем острее испытывал он тоску по России, по родным и близким. Вблизи Страсбурга проживала семья Шульца, которая переехала сюда из России после захвата прусскими войсками французской территории. С этой семьей

²⁶ Там же.

у него наладились родственные связи: друг его юности Володя Шульц женился на младшей сестре — Вере Николаевне Лебедевой. Семья Шульца тепло принимала Лебедева, с которым часто приходил и Голицын.

Поиски главного научного направления

П. Н. Лебедев, заручившись согласием Кундта стать его научным руководителем, разработал проекты экспериментальных исследований целого ряда еще не решенных задач физики. Он мог смело сказать о себе словами ученика из «Фауста»:

Хочу я быть учеником чрезвычайным,
Приблизиться ко всем земли и неба тайнам,
Обнять желаю, словом, полный круг
Природы всей и всех наук²⁷.

И, действительно, Лебедев быстро проявил себя необычайным учеником, о котором Кундт вскоре сложил даже шутливые стихи:

Gedanken hat Herr Lebedew
Per Tag wohl zwanzig Stück,
Und für des Institutes Chef
Ist's wahrlich noch ein Glück,
Dass er die Hälfte schön verliert
Eh'er sie überhaupt probirt²⁸.

Но более всего Лебедева интересовала тайна происхождения электричества и магнетизма. Он предполагал на базе ее разгадки раскрыть картину «единства физических сил взаимодействия» материальных образований различных физических видов. Не случайно на первой странице его научного дневника (№ 82, с. 101) страсбургского периода (1887) он в качестве эпитафии избрал следующие слова Фауста:

²⁷ Гете И. Фауст. М., 1939, с. 76.

²⁸ «Идеи у Лебедева возникают каждый день по двадцать штук, но, к счастью для институтского шефа, половину их он теряет раньше, чем пытается апробировать» (пер. с нем.). Архив АН СССР, ф. 293, оп. 1, д. 82, л. 1. Эпитафия к очередному тому научного дневника Лебедева (1891).

В отчаянье и страх меня привел
Слепой стихии дикий произвол.
Но сам себя дух превзойти стремится:
Здесь побороть, здесь торжества добиться!

Учитывая уровень знаний о явлениях природы, которого Лебедев достиг в период своих изобретательских увлечений, и то, что он был убежден в непогрешимости законов электричества и верил в эфирное происхождение электрических свойств материи, хотя и потерпел ряд неудач в своих научных поисках, можно понять причину появления в его дневнике этой строфы из любимого произведения Гёте. Лебедев был уверен в своих способностях, стремился превзойти духовные силы своих предшественников, постичь еще не познанное и добиться успеха. Страсбургский дневник Лебедева позволяет проследить за тем, как росло и крепло его убеждение в правильности выбора главного научного направления. Впоследствии успехи на этом пути принесут Лебедеву мировую славу.

Лебедев начал с рекогносцировки. Он тщательно ознакомился с теми успехами физики, которые более всего интересовали ученых Страсбургского университета. Основное внимание он обратил на достижения в области познания новых электрических и магнитных свойств вещества, хотя в тот период развитие физики протекало по двум направлениям — познание электромагнитных и термодинамических свойств материи.

Начиная с 15 октября 1887 г. Лебедев заносит в научный дневник лишь те идеи, которые прямо или косвенно относились к происхождению электрических и магнитных свойств вещества и к связи этих свойств с оптическими и тепловыми свойствами тел. Например, экспериментальный метод обнаружения термоэлектрического эффекта по магнитному действию; метод проверки термоэлектрической теории Кольрауша; способ изучения магнитных свойств жидкостей (рис. 12); новая идея экспериментальной проверки гипотезы Гаусса и Вебера, относящаяся к эфирному происхождению электрических токов, — идея, основанная на предположении, что вращение диэлектрика в конденсаторе влияет на распределение напряжения по диаметру круглого конденсатора.

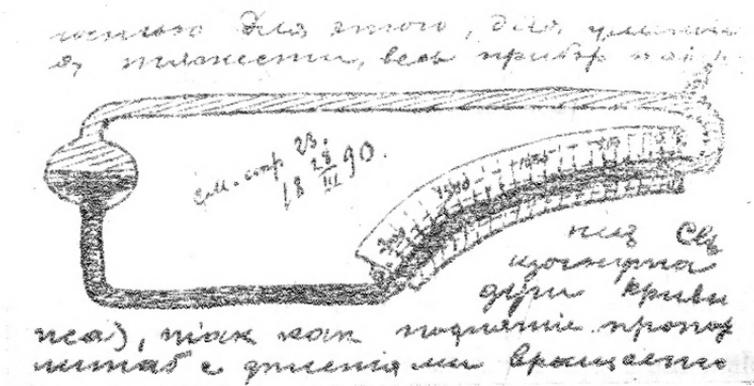


Рис. 12. Проект экспериментальной установки для исследования магнитных свойств жидких тел

В конце 1887 г. Лебедева интересовали лишь вопросы эфирной гипотезы электрического тока. Но, видимо, молодой исследователь успел понять безуспешность своих поисков (почти каждый предварительный расчет приводил к тем или иным трудностям на пути к успеху): он относит эти идеи в «резерв».

Почти не надеясь решить «в лоб» проблему эфирного происхождения электрического тока, Лебедев попытался добиться успеха косвенным путем. С марта 1888 г. он начал нащупывать путь через установление связи между строением молекул и спектрами излучения.

Вначале он попытался сопоставить разницы атомных весов химических элементов и установить некоторую закономерность в строениях молекул. Оказалось, однако, что они сильно отличаются от целых чисел даже в случаях, когда берутся удвоенные или утроенные веса. Возникла идея взять данные спектральных линий разных веществ и сопоставить их с химическими группами, выразив полученный результат графически. Если линии не будут укладываться в график, то они должны соответствовать другому молекулярному строению.

Смысл этой идеи сводился к тому, чтобы найти конкретную связь между строением молекул из «вихревых» (по Томсону) атомов и спектрами излучения света. Правда, Лебедев считал, что и сама теория «вихревых»

атомов пуждается в экспериментальном подтверждении. И он заносит в свой «резерв» идею экспериментального метода ее проверки: если атомы представляют собой «вихри», то величина инерции тела должна зависеть от формы их молекул; следовательно, инерция определенных тел в одинаковых условиях должна быть разной. Эту разницу принципиально можно обнаружить экспериментально.

Но наиболее перспективный обходной путь решения проблемы эфирного происхождения электричества Лебедев видел в подробном изучении спектров излучения: линии спектров несут наиболее обнадеживающую информацию о строении молекул и связи их с электрическими свойствами тел. «В спектрах надо искать решения мировой загадки — и связи строения молекул с периодическими химическими свойствами», — записал он в дневнике в мае 1888 г. (№ 82). В конце концов Лебедев нашел, как он полагал, ту щель, через которую еще никто не заглядывал, — спектры излучения тел в их критическом состоянии. И он пробует улучшить метод определения критических температур, основанный на спектрах поглощения.

В июне 1888 г. он поставил первые эксперименты с бромом. Пары брома в нормальных условиях не дали ни одной линии поглощения, а в жидком состоянии — в оранжевой части спектра. При критической температуре спектр не менялся, но при температуре, очень близкой к критической, оранжевый участок спектра поглощения расширялся и занимал всю спектральную область. При охлаждении спектр восстанавливался. По мнению Лебедева, наблюдаемые эффекты проливают свет в область неизвестного и необходимого для решения поставленной задачи. В этой связи он почти полностью переключился на разработку деталей экспериментального исследования спектров поглощения веществ, находящихся в критических состояниях. К концу года в работе возникли непреодолимые трудности чисто технического характера, связанные с подбором металлов.

До февраля 1889 г. Лебедев занимался усовершенствованием искрового возбуждения свечения металлов, но без заметного успеха. В связи с этим он обратился за советом к профессору Г. Штетеру, который не смог сообщить ему ничего обнадеживающего. Однако не это оставило Лебедева: он не взял эту тему для диссертации,

так как при ее разработке неизбежно возникало множество технических вопросов, решение которых потребовало бы больших усилий и заняло много времени. Эту тему Лебедев тоже заносит в свой «резерв».

Выбор темы для докторской диссертации оказался для Лебедева весьма сложной задачей, хотя в его «резерве» находились многие оригинальные идеи. Простенькую тему Лебедев не взял, во-первых, потому, что она не повысила бы его авторитета в глазах ученых; во-вторых, чтобы получить диплом «доктора философии» в Берлинском университете (где Лебедев по совету Кундта продолжил свою подготовку к докторским экзаменам с октября 1889 г.), необходимо было выполнить не рядовую тему, а решить интересную и важную для науки проблему. Лебедев обратился к «резервным» темам, строго взвешивая все их плюсы и минусы.

К числу наиболее перспективных он отнес способ исследования термоэлектрического эффекта по магнитному действию термотока; прибор для определения магнитного поля магнитов, конструкцию которого он задумал еще в МГУ; исследование «связи между механической деформацией проводника с возникновением в нем тока»; и, наконец, «исследование диэлектрических свойств тел в свете закона Клаузиуса», причем предполагалось, что диэлектрическая проницаемость зависит от температуры, как того требует закон Вебера.

Казалось бы, последняя тема наиболее близка его главной задаче, однако Лебедев остановил свой выбор на новой идее — исследовании электрических свойств весьма тонких металлических слоев (прозрачность в отношении электромагнитных полей). Правда, будучи в Москве, он еще прикидывал возможности использовать для докторской диссертации исследование зависимости осмотического давления от температуры и плотности растворителя. Расчеты указывали на успех, но пробные эксперименты дали нулевой результат, в связи с неудачей Лебедев пессимистически писал в дневнике: «Мне кажется, что мне на роду написано делать опыты, которые дают нулевые результаты» (№ 82, 9 декабря 1889 г.). В дальнейшем он не раз будет пересматривать эти «нулевые результаты» и со временем поймет их причину.

Кундт выразил восхищение лебедевской идеей «тонких слоев». «Вот это настоящая светлая идея, — подбад-

ривал он своего ученика, — рискните, Вам за все запла- тится: и за недоспанные ночи, и за пропущенные удо- вольствия. Вы сразу создадите себе положение и имя, это будет такая диссертация, каких за все время немного на- берется»²⁹.

За эту тему Лебедев взялся, по-видимому, еще и по- тому, что успешная ее разработка представляла собой ло- бовую атаку на главном направлении — раскрытие эфир- ного происхождения электричества. При этом цепь его логических рассуждений была примерно такой: если электричество — «атомы эфира», связанные с веществом, то при малой толщине металла возбужденные на противопо- ложных слоях заряды должны полностью или частично нейтрализоваться; в таком случае тонкий металлический слой будет прозрачен для электромагнитных полей. На- ивность таких рассуждений для современника, конечно, очевидна, однако в те времена они были вполне допу- стимыми. Подтверждение этих рассуждений, по мнению Лебедева, было бы существенным достижением в науку.

Лебедев был уверен в успехе решения этой задачи еще и потому, что им руководил специалист по получению тонких слоев металла: в свое время Кундт осуществил около 2000 опытов, чтобы получить платинированные зеркала, названные его именем.

В свою очередь Кундт понимал, что от успеха ученика зависит решение важного вопроса. Поэтому он постоянно следил за ходом всех его работ, и нередко в нужный мо- мент по его распоряжению Лебедеву передавалась ап- паратура, взятая у других учеников или сотрудников. В ходе работы Кундт убедился в незаурядных технических и экспериментаторских способностях Лебедева: он впер- вые наблюдал оригинальный метод измерения низких давлений в «вакуумном сосуде», впоследствии повторно примененный Мак-Леодом; Кундт буквально восхищался впервые примененным в этих опытах «автоматом» Лебе- дева для автоматической подливки ртути к ртутному насосу. В дальнейшем Лебедев использует этот насос в экспериментах по световому давлению.

В феврале 1890 г. Лебедев получил первый результат: тонкие «серебряные слои», с ясно выраженной голубиз- ной, перестали проводить электричество. Аналогичный

²⁹ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 7.

э́ффект наблюдался и со слоями платины. Но такое их свойство указывало на то, что эти слои не обладают металлическими свойствами, а следовательно, не соответствуют условиям поставленной задачи. И Лебедев вспомнил свои слова, написанные в дневнике по поводу этой задачи: «Где тонко, там и рвется».

Частые споры с Кундтом заставляют Лебедева писать домой: «Кундт ругает часто за дело, но и часто потому, что у него свой ход мыслей, а у меня свой, и мы не сходимся... рутины и рабского подражания надо бояться хуже огня»³⁰.

Видимо, Лебедев начал серьезно сомневаться в изученности теории э́фирного происхождения электричества. «Уже раньше я предполагал, — записал он в дневнике, — что нет элементарного э́фира, — вероятно, есть множество э́фиров» (№ 82, с. 590).

Однако неудачная попытка подтвердить э́фирное происхождение электрических свойств материи не прошла бесполезно: она подорвала у Лебедева, да впрочем и у Кундта, веру в господствовавшие тогда представления о природе электричества и позволила начинающему ученому создать метод измерения вакуумных давлений, накопить работы с вакуумной техникой, что оказалось решающим фактором в его исторических экспериментах по световому давлению.

В конце 1889 г. Лебедев выехал в Москву на свадьбу сестры Веры. Дома он пробыл весь январь 1890 г. В этот период он обдумывал вопрос о путях экспериментального доказательства природы всех сил взаимодействия, в частности единства природы взаимодействия молекул. О том, как зародились идеи решения этой второй главной проблемы, свидетельствует запись в дневнике за 16 апреля 1890 г.: «Еще до отъезда в Москву мне пришла в голову теория молекулярного притяжения. Она основывается на электромагнитной теории света, продемонстрированной *en grand* опытами Hertz'a, то есть на факте, что два электрических тока притягиваются. Молекула (или атом — безразлично) испускает свет, указывающий на то, что в ней (или на ее поверхности) существует ряд токов переменного направления и определенного темпа колебаний. Как происходит заряд или ток от ударов молекул, неизвестно,

³⁰ Архив АН СССР, ф. 293, ол. 4, д. 12, л. 7—12.



П. Н. Лебедев с сестрами Сашей и Верой, 1890 г.

так как еще неизвестно, что, собственно, там происходит. Раз есть свет, значит есть и токи. Если есть токи, то есть и притяжения и отталкивания» (№ 82, с. 516).

Далее он описывает предполагаемый механизм взаимодействия молекул, при которых главная роль отводится взаимному обмену электромагнитной энергией. В этой связи Лебедев подчеркивал, что если сила Ньютона обратно пропорциональна квадрату расстояния между взаимодействующими телами, то электромагнитная сила мо-

жет меняться иначе ($1/r^2$, $1/r^4$, $1/r^6$... и т. д.). Зависимость более высокого порядка от расстояния уже связана с температурой. Для убедительности этих прогнозов Лебедев приводит рассуждения о взаимодействии разных металлов, жидкостей и газов, указывая на роль знания спектров излучения и поглощения в понимании особенностей взаимодействия молекул.

21 марта 1890 г. по окончании очередного коллоквиума Лебедев впервые изложил своему учителю и присутствующим профессорам Берлинского университета содержание своих рассуждений о природе взаимодействия молекул. «Видимо, все остались довольны, — записал он в дневнике, — так как ни с чьей стороны препирательства не было» (№ 82, с. 523—533). Но отсутствие «препирательств», вероятно, следует объяснить не тем, что «все были довольны»: «взлет» Лебедева не был еще всеми осмыслен, да и сама дерзость этой теории не так просто было тогда опровергнуть или поддержать.

Записи в его дневнике за март и апрель 1890 г. содержат главным образом умозаключения по различным деталям этой проблемы. После предварительных, довольно наивных расчетов Лебедев описывает идею экспериментального исследования проблемы единства природы взаимодействия материальных образований типа молекул. Вначале он говорит об исследованиях взаимодействия соответствующих объектов на водяных и акустических волнах, а затем — на электромагнитных. При этом Лебедев замечает, что подобные эксперименты на световых волнах встретят огромные трудности: размеры молекул очень малы по сравнению с длиной волны.

Лебедев пытался найти косвенный путь доказательства роли лучеиспускания молекул во взаимном их притяжении и отталкивании. Например, 12 августа он писал о том, что трудность непосредственного экспериментального исследования взаимодействия молекул *на базе признания роли лучеиспускания в этом взаимодействии можно преодолеть косвенными опытами по измерению силы реакции при отражении света от зеркала* (рис. 13). «Если на зеркало падают лучи и мы будем двигать зеркало против направления луча, — отмечал Лебедев, — то по принципу Допплера отраженные лучи будут выдвинуты к фиолетовому концу. Это соответствует высокой температуре. Таким образом, мы можем теплоту с более

тайн единой природы взаимодействия материальных образований типа молекул. Близкой этому направлению оказалась и тема докторской диссертации, название которой Лебедев впервые сформулировал 25 апреля 1890 г.: «Диэлектрические постоянные паров». Правда, в дальнейшем он дополнил ее сопоставлением теории Моссотти — Клаузиуса с его экспериментальными результатами.

30 апреля 1890 г. уже в Страсбурге Лебедев провел пробные исследования зависимости диэлектрических свойств жидкости от температуры. Получив обнадеживающие результаты, он приступил к измерениям диэлектрических характеристик соответствующих паров. В мае 1890 г. он завершил исследования этих характеристик в зависимости от давления паров.

Любопытно, что Кольрауш, ставший главой страсбургских физиков вместо Кундта, ушедшего в Берлинский университет, неодобрительно отнесся к выбранной Лебедевым теме. В связи с этим Лебедев писал домой: «Помощи мне ждать не от кого, и всю работу придется делать на собственный риск. С одной стороны, это очень хорошо: я должен сам позаботиться о всякой мелочи, я в этом положении научусь несравненно больше, чем если бы мне все разжевывали и в рот клали. Наконец, если работа даст некоторый результат, то у меня будет сознание, что я всему обязан только самому себе, а это тоже что-нибудь да значит»³¹.

В последующих письмах постоянно встречаются такие слова: «Мои работы продвигаются очень удачно вперед». К июню 1891 г. докторская диссертация на тему «Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссотти—Клаузиуса» была успешно завершена и представлена на суждение оппонентов. После сдачи докторских экзаменов с отличием (*Magna cum laude*) и успешной защиты диссертации Лебедеву была присуждена степень доктора философии. Одновременно он получил сообщение о том, что его диссертация будет опубликована в 44 томе «*Annalen der Physik*» («Анналов физики») ³². Это был первый научный труд Лебедева, о котором узнала мировая научная общественность.

Но после того как Лебедев окончательно убедился

³¹ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 14, л. 8.

³² *Ann. d. Phys.*, 1891, Bd. 44, S. 288—310.

в перспективности изучения проблемы единства природы взаимодействия материальных образований типа молекулы, его не покидала мысль о косвенном экспериментальном доказательстве роли лучеиспускания во взаимодействии молекул. Мысленный эксперимент по измерению силы реакции при отражении света от зеркал возбудил настолько большой интерес, что ко времени завершения докторской диссертации он успел даже получить поразивший его воображение теоретический результат, указывающий на то, что силы светового отталкивания могут превышать силы гравитационного притяжения тел определенных размеров и при определенных условиях их пребывания.

Этот результат Лебедев расценил как весьма важное открытие. Он рассказал об этом успехе бывшему помощнику Кундта Отто Винеру, который поначалу посчитал, что его коллега сошел с ума. Однако на другой день, поняв суть полученного Лебедевым результата, горячо поздравил его с победой. По поводу этой победы Лебедев писал домой следующее: «Я, кажется, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет. Работа теоретическая, я набрасываю конспект, чтобы на днях подать профессору математики... Теперь, когда закон доказан и остается только облечь его в красивую форму, я ничуть не волнуюсь, частью, может быть, от того, этого я не скрою, что озадачен, даже ошеломлен его общностью, которую я сначала не почувствовал»³³.

Если сопоставить эти слова Лебедева с эпиграфом его дневника, то, пожалуй, можно констатировать: молодому исследователю удалось превзойти самого себя. Но это не простой всплеск научного дарования — это плод кропотливой работы мысли: «На мою работу смотрю не как на средство достижения чего-нибудь, а как на цель моего существования... — писал Лебедев. — Выведенный мною закон не есть дело минутного наития: около двух лет ношу его зачатки. Вопрос, которым я занят уже давно, я люблю всей душой, как я себе представляю, родители любят своих детей»³⁴.

Достигнутый успех значительно укрепил веру Лебедева в выборе главного пути научного творчества. Набро-

³³ Архив АН СССР. ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 9—10.

³⁴ Там же.

сав проект статьи «Об отталкивающей силе лучеиспускания тел», он приступил к анализу деталей исследований по проблеме «Единства физических сил взаимодействия». Ко времени отъезда на родину он составил план будущей работы, записав его в очередной том своих научных дневников:

«А. Теоретические соображения

1. Взгляд на историю вопроса (Максвелл и другие).
2. Математический вывод давления для нерезонирующих тел, предполагая амплитуду неизменной:
 - а) для колеблющегося тела;
 - б) для отражающих волн;
 - в) для резонаторов.

Б. Экспериментальное исследование

1. Гидродинамические волны (плавающий аппарат).
2. Звуковые волны.
3. Световые и электромагнитные волны.

В. Следствие из найденных законов

- а) о движении твердых тел и молекул (перемещение и вращение);
- б) отклонение от закона Ньютона о всемирном тяготении.

Г. Объяснение некоторых явлений

- а) движение комет и их хвостов;
- б) сопротивление вращению и обращению Земли;
- в) молекулярные силы;
- г) спектр абсолютно черного тела» (№ 90, с. 6—7).

Обращает на себя внимание тот факт, что проблема светового давления не являлась для Лебедева главной: она поставлена им на третье место в разделе *Б*. Ее решение нужно было Лебедеву главным образом для экспериментального доказательства действительной роли взаимного лучеиспускания молекулами в их взаимодействии. Экспериментальным доказательством существования светового давления, как полагал Лебедев, будет доказана и та общность роли сил светового давления, которую он уже доказал теоретически и количественно выразил применительно к космическим телам малых размеров. Именно



П. Н. Лебедев среди профессоров и практикантов Страсбургского университета

сущность молекулярных сил составляла в то время для Лебедева главную проблему физики. Поэтому на специальном коллоквиуме Страсбургского университета, посвященном его отъезду на родину, он и сделал доклад на тему «Сущность молекулярных сил».

Вот как он описывал свои впечатления от последнего страсбургского коллоквиума:

«Сегодняшний день — день очень важный в моей жизни: сегодня я последний раз говорил в Colloquium'e о вопросе, который вот уже три года занимает меня непрерывно, — «О сущности молекулярных сил». Говорил я с энтузиазмом (и говорил хорошо — это я знаю), я держал как бы покаянную исповедь; и тут было все: страхи и цветы! — и кометные хвосты, и гармония в природе. Два часа битых я говорил и при этом показывал опыты, которые произвели фурор и удались мне так, как редко удаются.

Когда я кончил, посыпались замечания, пререкания, язвительства, — все как следует; наконец, Kolrausch после некоторых замечаний заключил: «Я считаю все это очень плодотворной идеей. Однако необходимо сделать выводы с большой осторожностью — и, прежде всего, все проверить экспериментально».

Когда уже была пора расходиться, Кольрауш произнес: «Я думаю, что поступлю в согласии с присутствующими, если от имени коллоквиума поблагодарю отъезжающего доктора Лебедева за многие интересные часы и удачные опыты, которыми он поучал нас».

По обычаю немецких студентов поднялось шарканье в аудитории (что соответствует аплодисментам). Затем я поднялся и сказал: «Я горячо благодарю за предоставленную мне возможность выступить в коллоквиуме. То, что доложил здесь, не было поучением, а только проверкою того, чему я сам научился здесь». Новое шарканье, и я с невольной грустью покинул аудиторию»³⁵.

Не снимая фрака, являвшегося обязательной формой «новорожденного» доктора философии, Лебедев отправился к Шульцам проститься и поблагодарить за гостеприимство. Затем стал готовиться к возвращению в Москву.

³⁵ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 564—565.

Московский университет

Московский университет — первый и старейший в России научно-учебный центр, воспитавший плеяду талантливых ученых, писателей и врачей. В 70-х годах XIX в. после долгих лет застоя, вызванного неблагоприятными социальными условиями в России, именно в Московском университете начался ускоренный подъем в области физики. Произошло это благодаря замечательной деятельности А. Г. Столетова, чья энергия и научно-организаторский талант оказались способными побороть царившие в те времена рутину, консерватизм и низкопробный карьеризм и заложить прочный фундамент научным исследованиям по физике.

Преподавательская деятельность А. Г. Столетова в Московском университете началась в 1866 г., т. е. в год рождения П. Н. Лебедева. В 1872 г. Столетову при поддержке руководителя кафедры физики Н. А. Любимова удалось организовать первую в России учебную, а затем и научно-исследовательскую лабораторию. По своему значению они не уступали лучшим физическим лабораториям мира. Если прежде научные исследования по физике в России носили эпизодический, случайный по тематике характер, то с приходом в Московский университет Столетова они впервые стали проводиться систематически и целенаправленно.

Успешно осуществив исследования магнитных свойств ферромагнитных веществ и установив важнейший закон ферромагнетизма, Столетов защитил докторскую диссертацию и стал общепризнанным главой московских физиков. Мировую славу принесли ему исследования фотоэлектрического явления и установленный им основной закон фотоэффекта.

В этот период молодой исследователь П. Н. Лебедев лишь подходил к своим первым научным победам. Задолго до получения своих уникальных результатов он начал нащупывать пути поступления в университетскую лабораторию Столетова. Через своего друга по Страсбургу Б. Б. Голицына, ставшего приват-доцентом Московского университета, Лебедев связался со Столетовым. Вскоре тот сообщил молодому физiku, что согласен принять его в свою лабораторию в качестве штатного ассистента³⁶.

³⁶ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, д. 36.

Это сообщение Лебедев воспринял с восторгом: «Если мне сейчас предложат выбор между богатством индийского раджи с условием оставить науку и заниматься или не заниматься чем угодно и между скудным пропитанием, неудобной квартирой, но превосходным институтом, то у меня и мысли не может быть о колебании»³⁷.

Лебедев понимал, что в Московском университете еще сохраняются неблагоприятные условия для научной работы, создаваемые чиновниками народного просвещения (за изменение этих условий и боролся Столетов). Перед отъездом на родину Лебедев решил потратить определенную сумму из личных средств на закупку в Германии лабораторного оборудования, необходимого для осуществления исследований по намеченному им плану. Так, по пути в Москву он останавливался во Франкфурте-на-Майне, где посетил электротехническую выставку, затем побывал в Берлине, где не только закупил некоторое оборудование, но и заказал кое-какие приборы для последующей доставки в Москву. Лебедев решил приобрести и необходимую литературу. «Чиновники народного просвещения даже не сделали маленькой библиотеки при физической лаборатории. Поэтому хочется тут как можно больше набрать материала», — писал Лебедев в одном из писем родным³⁸.

Лебедев прибыл в Москву летом 1891 г. Здесь он узнал, что в университете работали штатными преподавателями В. А. Ульянин, Е. И. Брюсов, А. П. Соколов и Б. Б. Голицын. К сожалению, Столетову не удалось добиться для Лебедева даже нештатной должности лаборанта (ассистента). И лишь 18 марта 1892 г. Лебедев был зачислен в университет нештатным ассистентом³⁹ со всеми правами штатного сотрудника, но без жалованья.

В те времена физическая лаборатория помещалась на втором этаже двухэтажного здания во дворе университета на Моховой улице, 11. В отличие от Физического института Страсбургского университета эта лаборатория размещалась в небольшом числе комнат, правда, при ней имелись прекрасный физический практикум и несколько помещений для научных исследований.

³⁷ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 563.

³⁸ Ученые записки МГУ, 1940, вып. 52, с. 131.

³⁹ Архив МГУ, д. 373.

А. Г. Столетов разрешил Лебедеву организовать для своих исследований маленькую лабораторию в коридоре. Отгородив один угол коридора черным материалом, Лебедев сразу же приступил к намеченным исследованиям. Результаты не заставили себя ждать: к 1896 г. в углу, ставшем теперь историческим, были исследованы пондеромоторные взаимодействия гидродинамических, акустических и электромагнитных объектов; изучены X-лучи и обнаружена их дифракция на кристаллических структурах. В 1897—1898 гг. Лебедев установил два элементарных закона радиоактивности, а в 1899—1900 гг. измерил световое давление на твердые тела. Незадолго до этого (1894) он осуществил изумительные эксперименты с лучами Герца, впервые установив двойное лучепреломление, интерференцию поляризованных электромагнитных лучей на особой пластинке в «четверть-волны», и усовершенствовал метод генерирования электромагнитных лучей рекордно малых по тому времени длин волн.

Столетов высоко оценил кипучую деятельность П. Н. Лебедева, предложив ему занять должность приват-доцента в расчете на то, что в ближайшем будущем этот талантливый физик станет его преемником по руководству научно-учебными делами в Московском университете. В начале 1896 г. Лебедев успешно прочитал несколько обязательных публичных лекций. Вскоре Совет университета утвердил его в звании приват-доцента Московского университета.

А. Г. Столетов, вероятно, осуществил бы и передачу всех дел Лебедеву. Однако 27 мая 1896 г. он скоропостижно скончался. Лебедев остался без покровителя. А, как известно, в те времена для продвижения по служебной линии одних способностей было недостаточно: необходима была соответствующая поддержка со стороны влиятельных лиц, без которой даже такому талантливому ученому, как Лебедев, продвинуться на служебном пути было практически невозможно. Вспоминая некоторые моменты жизни и деятельности П. Н. Лебедева, К. А. Тимирязев писал: «К сожалению, не с одной только природой пришлось вести борьбу молодому ученому. Встретив в Столетове, угадавшем его талант, истинную поддержку, он мог продолжать в Москве еще успешнее, чем за границей, начатую научную деятельность, но умер Столетов,

и молодому ученому пришлось встретить иную, неизвестную ему борьбу — с людьми, с их интригами»⁴⁰.

Корни этой борьбы уходят далеко в прошлое Московского университета. Именно тут особенно резко проявлялась поляризация политических воззрений, отмечавшаяся в среде русской интеллигенции. Ученые-демократы, к числу которых относились И. М. Сеченов, В. В. Марковников, К. А. Тимирязев, А. Г. Столетов, Н. Е. Жуковский и другие, составляли ту политическую силу, которая боролась за развитие науки, за повышение общекультурного уровня народа и укрепление экономического потенциала страны. Им противостояла реакция в лице чиновников народного образования и их единомышленников — некоторых профессоров, которые в лучшем случае иногда выступали на стороне либерально-консервативного течения.

Эта постоянная борьба ученых-демократов с силами реакции помогала каждому из них вырабатывать определенный морально-психологический характер. Например, А. Г. Столетов, как и впоследствии П. Н. Лебедев, отличался прямоотой и твердостью в своих воззрениях по принципиальным вопросам организации науки, и в частности по созданию благоприятных условий для подготовки научных кадров. Столетов, сознавая свою роль главы российских физиков, проявлял высокую требовательность к уровню научных трудов своих сослуживцев, был принципиален в отношении предлагаемых доказательств новых идей и обобщений, особенно в диссертациях.

В 1893 г. приват-доцент Б. Б. Голицын представил диссертацию на степень магистра физики. Между диссертантом и оппонентом, А. Г. Столетовым, возник спор по доказательствам обобщений, сделанных Голицыным. Вполне возможно, этот деловой спор мог бы завершиться благоприятно для спорящих. Однако реакционные силы, воспользовавшись возникшим разногласием, начали открытую травлю главы российских физиков. В результате чиновникам министерства просвещения удалось обострить до крайнего предела взаимоотношения в среде профессорско-преподавательского состава Московского университета. При этом реакционер профессор мате-

⁴⁰ Тимирязев К. А. Собр. соч. М., 1949, т. 8, с. 309.

матики П. А. Некрасов оказал влияние на Н. А. Умова, втянув его в сферу интриг.

Став невольным свидетелем этой борьбы, Лебедев морально был на стороне прогрессивной профессуры. Он симпатизировал Столетову как истинному, бескомпромиссному борцу за организацию научных исследований в области физики, за отеческую заботу о росте научных кадров в России. В вопросе же о диссертации Голицына на него оказала влияние поддержка позиции Столетова со стороны Гельмгольца, Кельвина и Больцмана.

Драматизм спора по диссертации Голицына станет понятен значительно позже. В своем отзыве Столетов писал, что, «выбрав интересную и благодарную (хотя весьма гипотетическую) тему, автор не позаботился отчетливее разобраться в ней и снять с нее тот ненадежный характер, который признает сам Больцман». Однако в первой четверти XX в. выяснилось, что в обобщениях Голицына содержатся «интересные зерна». Так, Голицын приписывал световому эфиру (световому полю в современном понимании) температурное состояние. В дальнейшем это позволило уточнить и развить идеи Больцмана по проблеме излучения абсолютно черными телами.

Но самым неожиданным для Лебедева и прогрессивных ученых России и других стран последствием этой борьбы явилось демонстративно подчеркнутое решение президента Российской Академии наук отклонить кандидатуру А. Г. Столетова на выборы в академики. Как известно, кандидатура главы российских физиков была предложена всей научной общественностью России.

Вслед за этим моральным ударом последовал другой: в 1893 г. А. Г. Столетов вышел за штат Московского университета в связи с 25-летней выслугой, и ему были присуждены звание заслуженного ординарного профессора и приличная пенсия. На вакантное место без ведома Столетова был зачислен Н. А. Умов. Больше того, и педагогическую нагрузку согласовали в Министерстве просвещения в нарушение Устава российских университетов. Ущемленный Столетов в ответ не пожелал передать Умову заведование физическим кабинетом и физическую лабораторию. При этом он обосновал эти действия тем, что Умову, зарекомендовавшему себя физиком-теоретиком, экспериментальное оборудование не требуется.

После смерти А. Г. Столетова аналогичное отношение к себе как ученому и педагогу испытал и Лебедев. Этому способствовали те нездоровые взаимоотношения в среде профессоров Московского университета, о которых опять-таки «позаботился» реакционер П. А. Некрасов, ставший попечителем Московского учебного округа. Так, при распределении служебных обязанностей в связи с кончиной Столетова администрация университета не пожелала удовлетворить законные и весьма скромные просьбы Лебедева: ему отказали в просьбе читать часть профилирующего курса, который читался Столетовым; не разрешили ему и заведовать частью физической лаборатории и распоряжаться приборами, принадлежавшими Столетову. Этим актом чиновники народного просвещения помешали исполнению завещания Столетова в отношении своего преемника П. Н. Лебедева, который уже тогда был известен в мире как самый талантливый физик-экспериментатор России, благодаря опубликованным трудам по пондеромоторному взаимодействию резонаторов и вибраторов, по оригинальным исследованиям физики лучей Герца. Не случайно, например, немецкий физик Э. Видеман заявил, что он удивится, если Московский университет не назначит Лебедева на место умершего Столетова, «так как только он способен так же успешно развивать научные исследования по физике в России, как Столетов»⁴¹.

В следующие три года (1896—1899) П. Н. Лебедев завершил исследования основных проблем, вошедших в намеченный им ранее план научных работ. Помимо этого в его научных дневниках тех лет имеются записи, свидетельствующие об интересных результатах его исследований физики X-лучей и радиоактивности.

В 1899 г. он представил в университет диссертацию на соискание ученой степени магистра физики под названием «Экспериментальные исследования пондеромоторного действия волн на резонаторы». В нее Лебедев включил не только результаты экспериментов, но и математические анализы проблемы, позволившие ему решить одну из кардинальных проблем физики: доказательства единства физического механизма взаимодействия материаль-

⁴¹ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 568.



П. Н. Лебедев и А. А. Эйхенвальд, 1896 г.

ных образований и электромагнитной природы взаимодействия микрочастиц типа молекул и атомов.

Пока диссертация изучалась оппонентами, Лебедев впервые поставил эксперимент по световому давлению и установил существование Максвелл-Бартолиевых сил светового давления; это позволило ему включить в свою диссертацию обобщение, относящееся к роли лучеиспускания во взаимодействии молекул.

В мае 1899 г., находясь на лечении в Швейцарии, Лебедев сделал сообщение Научному обществу в Лозанне об экспериментальном доказательстве существования сил светового давления. Вот как охарактеризовало правление Общества выступление русского ученого: «Г-н Лебедев, профессор Московского университета, сообщил Обществу о результатах своих первых исследований, относящихся к давлению света. Существование давления,

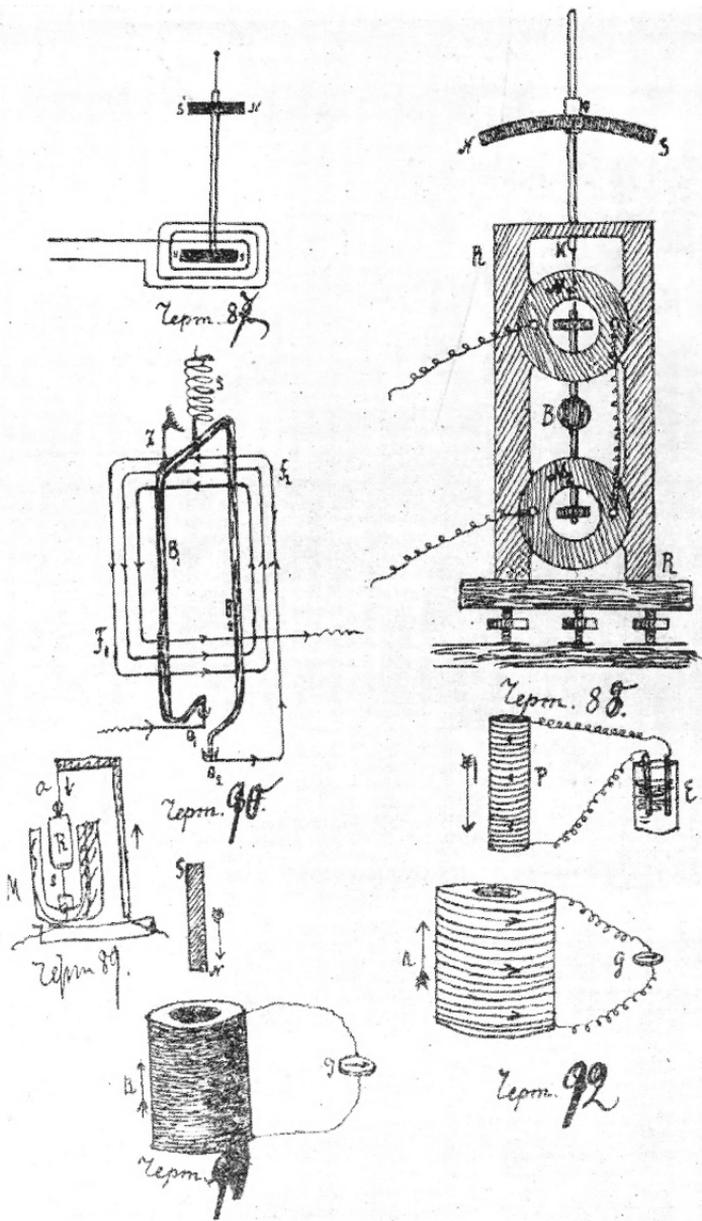


Рис. 14. Иллюстрации к курсу «Электричество и магнетизм», 1898 г.

оказываемого пучком световых лучей на поглощающую и отражающую поверхности, является следствием электромагнитной теории света; на него было указано Максвеллом. Значение этого давления, согласно теории, должно быть весьма малым: около 0,3 мг на метр квадратный черной поверхности. Г-ну Лебедеву удалось осуществить прибор, при помощи которого можно его измерить, и результат первых опытов согласуется с предсказанием теории»⁴².

В те годы научная общественность Московского университета была свидетелем не только успехов Лебедева на поприще науки, но и его достижений в педагогике. Примером последнего могли служить его блестящие учебные пособия по курсам «Электричество и магнетизм» (рис. 14) и «Теплота». Впервые приведенные в этих курсах методические иллюстрации, впоследствии воспроизводились многими авторами учебных пособий по физике.

По научному содержанию магистерская диссертация Лебедева была намного выше подобных работ, когда-либо защищенных в Московском университете. И не удивительно, что перед оппонентами, в том числе перед Н. А. Умовым, встала нелегкая задача оценки научной квалификации ее автора. Умов не мог не увидеть вклада в науку, внесенного диссертацией Лебедева. Поэтому он вместе с А. П. Соколовым (при поддержке К. А. Тимирязева) занял решительную позицию и рекомендовал Совету университета присудить Лебедеву ученую степень доктора наук, минуя степень магистра — весьма редкое событие в практике ученых России. Эта рекомендация была принята и 28 февраля 1900 г. Лебедев был утвержден экстраординарным профессором Московского университета.

Как известно, в 1899 г. Лебедев для измерения светового давления использовал метод радиометра Риги. Полученные результаты не удовлетворяли ученого. С начала 1900 г. он работает над совершенствованием метода Максвелла. Последний имел некоторые преимущества перед методом Риги, хотя в техническом оснащении был значительно сложнее. К лету 1900 г. Лебедеву удалось достичь ожидаемых результатов, о которых он доложил

⁴² Archives des Sciences Phys. et Nat., 1899, v. 8.

на Международном конгрессе физиков в Париже в августе того же года.

Ученые многих стран горячо восприняли это интересное сообщение Лебедева. Английский физик В. Томсон (лорд Кельвин), участвовавший в работе конгресса, заявил русскому делегату К. А. Тимирязеву: «Вы, может быть, знаете, что я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот Ваш Лебедев заставил меня сдать перед его опытами!» Известный физик Ф. Пашен, именем которого названа спектральная серия излучения атома водорода, писал Лебедеву: «Я считаю Ваш результат одним из важнейших достижений физики за последние годы и не знаю, чем восхищаться больше — Вашим экспериментаторским искусством и мастерством или выводами Максвелла и Бартоли»⁴³.

Вскоре после опубликования результатов лебедевских экспериментов⁴⁴ на страницах журнала Русского физико-химического общества (ЖРФХО) появилась заметка Д. А. Гольдгаммера, в которой он ошибочно указывал на то, что Лебедев якобы перестал заниматься световым давлением и что первое его сообщение не позволит быть уверенным в действительном успехе. Лебедев срочно опубликовал в «ЖРФХО» ответ Д. А. Гольдгаммеру, в котором указал на его недоразумение. В 1901 г. полный отчет об этих исторических экспериментах Лебедев опубликовал в «Анналах физики»⁴⁵. Вскоре во всех физических журналах появились рефераты об этих экспериментах.

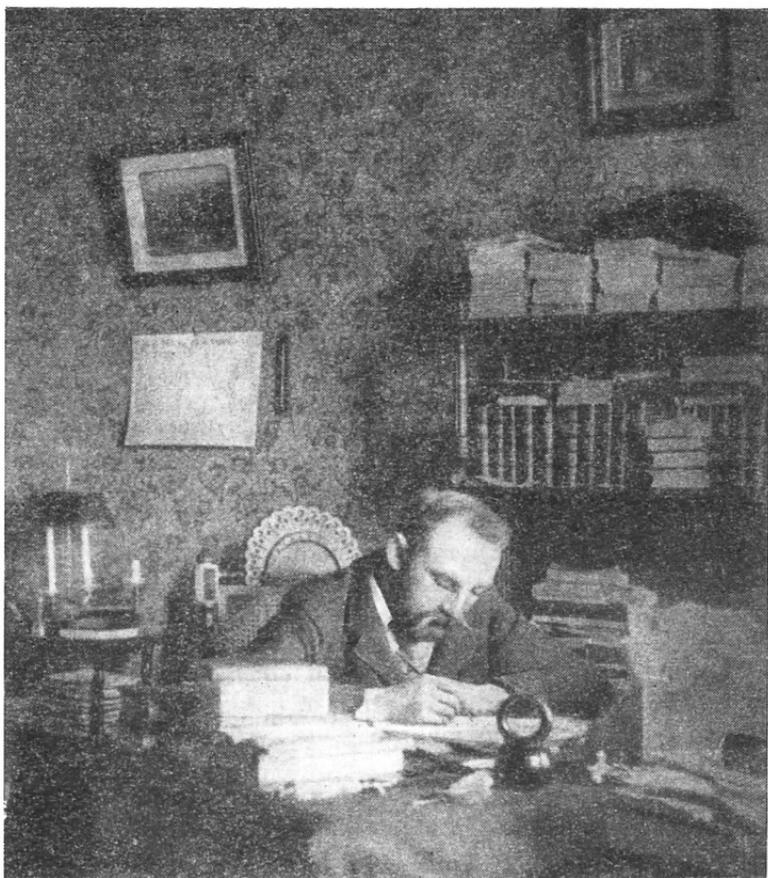
Вполне возможно, что Лебедев вскоре порадовал бы ученый мир другими грандиозными открытиями, если бы не служебные неурядицы и неприятности, вызванные интригами реакционно настроенной части профессуры и администрации университета. Эта обстановка сказалась и на здоровье Лебедева.

В результате интриг на заседании Совета университета при избрании Лебедева экстраординарным профессором был поднят вопрос о правомочности этого акта: может ли человек, не имеющий аттестата об окончании

⁴³ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 569.

⁴⁴ ЖРФХО, 1900, т. 32, с. 232.

⁴⁵ Ann. d. Phys., 1901, Bd. 6, S. 433—458.



П. Н. Лебедев в своем рабочем кабинете, 1903 г.

классической гимназии и не знающий латинского языка, занимать столь высокую должность в российском университете? Обсуждение этого вопроса сказалось на баллотировке: белых шаров было опущено не на много больше, чем черных. Лебедева избрали профессором, но его друзья расценили поведение членов Совета как грубое оскорбление чести и достоинства Московского университета.

На этом интриги против Лебедева не кончились. Согласно Уставу российских университетов, избранный на

вакантную должность профессора имеет право принять все казенное имущество и получить все полномочия своего предшественника. Однако чиновники университета предпочли ущемить эти законные права Лебедева.

В 1904 г. было построено новое здание, предназначенное специально для Физического института Московского университета. В архивах Лебедева сохранилась толстая папка под названием «Потребности Физического института»⁴⁶. Ее материалы свидетельствуют об активном участии ученого в создании института. Чтобы изучить опыт постройки подобных институтов, Лебедев специально выезжал за границу, где знакомился с лучшими образцами организации и оборудования подобных заведений. В результате первый в России Физический институт при университете мог сравниться с лучшими мировыми научными и учебными лабораториями и аудиториями.

На оснащение физическим оборудованием лабораторий в новом здании было ассигновано 75 тыс. руб. К этому моменту между ведущими физиками (Умовым, Соколовым и Лебедевым), наконец, установились деловые доброжелательные отношения. Они согласились учредить при Физическом институте три отделения и разделить на равные части ассигнованные на лабораторное оборудование средства.

Однако собрание заведующих учебно-вспомогательными учреждениями университета отклонило их проект расходования средств по новому зданию, причем на оборудование отделения Лебедева было отпущено всего 533 руб., а оскорбленному ученому заявили следующее: «Зачем Вы набираете учеников и тратите на руководство их работами столько времени? Университет не академия наук! ... Вы защитили диссертацию; мы Вас приняли в свою среду, то, что Вы сейчас делаете, совершенно излишне: нам этого не нужно. Зачем Вы тратите попусту свои силы?»⁴⁷.

Не встретив должного понимания со стороны руководящих органов управления университета, Лебедев был вынужден обратиться к попечителю народного образования Московского округа с просьбой разрешить возник-

⁴⁶ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 11.

⁴⁷ Очерки по истории физики в России. М., 1949, с. 159.

ший конфликт. В своем обращении от 1 мая 1904 г. он, в частности, писал: «... в новом Физическом институте, одно здание которого стоит более 450 тыс. руб., я, штатный профессор, не имею возможности ни читать обязательный курс опытной физики, ни учить в лаборатории, ни самому научно работать... Я считаю, что четыре года бесправного положения, в течение которых я не мог, не по своей вине, добиться возможности учить и работать при сколько-нибудь сносных условиях, а также опубликованные мною за это время научные исследования (по световому давлению) дают мне право рассчитывать на такое положение, которым пользуются и должны пользоваться штатные профессора университета»⁴⁸.

К. А. Тимирязев, один из немногих, кто не только понимал правоту Лебедева, но и бесстрашно стал на его сторону, публично осудил недостойное отношение к талантливому ученому: «Закон на стороне проф. Лебедева, — заявил он на Совете университета, — только вследствие открытого нарушения его законных прав он лишается возможности работать и давать работать своим ученикам; ему фактически препятствуют читать курс, который он должен читать и по призванию, и по обязанности, его даже не включают в число преподавателей на следующий год... Лебедеву осталось примириться с унижительной ролью какого-то фиктивного профессора или покинуть университет, в котором он не находил защиты своих законных прав и элементарной справедливости»⁴⁹.

Лебедев тяжело переживал происходившее в университете. Его настроение той поры хорошо проявилось в письме к одному из друзей: «Иногда мне кажется, что я к положению неудачника могу привыкнуть, и только мысль о другом осле меня несколько обескураживает: того хозяин думал приручить к систематической голодовке, и он уже почти привык, но, как гласит история, несколько раньше издох.

Если бы нашелся достаточно талантливый художник-символист, который бы брался описывать портрет не человека, а его настроение, то на моей натуре он составил бы себе всемирное имя; рисунок был бы прост: ровно загрунтованное полотно, без каких-либо передних и зад-

⁴⁸ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 617.

⁴⁹ Архив МГУ, д. 358, 1904 г.

них планов или арабесок, но колер... Всякий недальтоник, проходя мимо, наверное бы сплюнул: «Экая пакость», — а клуб пессимистов в Америке избрал бы этот колер обязательным для форменных брюк своих сочленов»⁵⁰.

На фоне сравнительно бесконфликтной жизни Российской Академии наук того времени события в Московском университете выглядели особенно удручающими и вызывали у многих ученых чувство негодования. За год до этого конфликта в Академии наук была учреждена специальная премия, присуждаемая российским ученым за наилучшие научные достижения. 17 ноября 1904 г. специальная комиссия в составе О. А. Баклунда, М. А. Рыкачева, А. М. Ляпунова, Б. Б. Голицына и А. А. Белопольского, обсудив кандидатуру П. Н. Лебедева как «единственного ученого, достигшего за последнее время выдающихся успехов, имеющих большое мировое значение как в развитии физики, так и в развитии астрофизики», единодушно присудила Лебедеву эту почетную в России премию⁵¹. Одновременно ученого избрали членом-корреспондентом Российской Академии наук⁵².

Лебедев выразил глубокую благодарность Академии наук за столь высокую честь. Однако при этом ученый не мог скрыть чувства негодования по поводу обстановки в Московском университете. «Я ничего не могу думать, ничего делать, — писал он, — вся моя деятельность насадителя наук в дорогом отечестве представляется мне какой-то безвкусной канителью, я чувствую, что я как ученый погибаю безвозвратно: окружающая действительность — какой-то беспрерывный одуряющий кошмар, беспросветное отчаяние. Если в Академии зайдет речь о преуспевании наук в России, то скажите от имени несчастного профессора Московского университета, что ничего нет: нет ни процветания, нет ни наук — ничего нет»⁵³.

История науки и культуры знает немало случаев прямого преследования прогрессивных деятелей науки и культуры и даже физической расправы над ними.

⁵⁰ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 131.

⁵¹ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 615—616.

⁵² Люди русской науки. М., 1948, т. 1, с. 244.

⁵³ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 599.

Уместно вспомнить о Джордано Бруно, сожженном на костре, о Галилео Галилее, подвергнутому психологическим пыткам, об Исааке Ньютоне, пережившем такую травлю, которая пагубно сказалась на его творчестве, о Евгении Дюринге, изгнанном из Берлинского университета за критику Гельмгольца, недооценившего заслуги Роберта Майера в теоретическом доказательстве закона сохранения и взаимного превращения энергии⁵⁴. Как известно, подобные преследования и расправы снижали их творческие способности, нередко преследуемые ученые трагически уходили из жизни.

Созданная реакционной профессурой нетерпимая обстановка в университете, как уже отмечалось, пагубно сказалась на здоровье Лебедева, на темпах и содержании его научной деятельности. С 1901 по 1910 г. не было опубликовано ни одного оригинального труда выдающегося русского физика.

Преодолевая приступы болезни, Лебедев нерегулярно читал непрофилирующий курс физики и спецкурс «Современные задачи физики», а также руководил научными исследованиями своих учеников. Избранный членом-корреспондентом Российской Академии наук, он принял участие в решениях частных задач по Российскому отделению Международной комиссии изучения Солнца (РОМКИСО), учрежденному при Академии наук. В периоды, когда позволяло здоровье, ученый обдумывал проекты экспериментов по исследованию светового давления на молекулы газа и природы нормального геомагнетизма.

21 июля 1906 г. П. Н. Лебедев получил звание ординарного профессора Московского университета. Это событие благотворно сказалось на восстановлении его моральных и физических сил. К концу 1907 г. Лебедеву удалось, наконец, преодолеть неимоверные технические трудности и осуществить серию экспериментов, увенчавшихся измерением сил светового давления на газы.

⁵⁴ Е. Дюринг опубликовал ряд историко-научных трудов, к числу которых относится и «Критическая история механики». Ф. Энгельс в «Анти-Дюринге» вскрыл допущенные этим ученым философские ошибки. Узнав о расправе реакционной профессуры над Дюрингом, Энгельс вместе с передовой германской общественностью решительно протестовал против этого акта произвола.



*П. Н. Лебедев — ординарный профессор
Московского университета,
1908 г.*

О своем успехе ученый доложил на I съезде им. Менделеева, состоявшемся 27 декабря 1907 г. При этом он подчеркнул принципиальное значение решения затронутой им проблемы для астрофизики и физики микромира.

Полный отчет об осуществленных экспериментах Лебедев опубликовал лишь в 1910 г.⁵⁵

Изумительные эксперименты ученого по световому давлению на газы можно считать его лебединой песней. Сообщение о лебедевском решении важной физической проблемы было опубликовано в виде рефератов во всех ведущих научных изданиях России, Германии, Франции, Англии и Америки. П. Н. Лебедев был избран почетным членом Королевского института в Англии, что считалось высокой честью.

Здоровье Лебедева улучшилось настолько, что он приступил к решению еще одной крупной проблемы фи-

⁵⁵ Ann. d. Phys., 1910, Bd. 32, S. 411—437.

зики — к выяснению природы нормального геомагнетизма. Она волновала Лебедева еще в юные годы, и теперь, располагая более совершенными представлениями о природе нормального геомагнетизма, он попытался воплотить задуманное в экспериментах.

Перед тем как приступить к этим опытам, Лебедев писал: «Да, я сейчас готов петь, как Фауст:

Ко мне возвратилась счастливая юность,
И в сердце проснулася жажда любви.

Право, я опять влюбился в свою науку, влюблен, как мальчишка, ну совсем, как прежде: я сейчас так увлекаюсь, работаю целыми днями, точно я и больным не был — опять такой же, каким был. . .

И вот я теперь, как Фауст в первом действии перед очаровательным видением: как прядка Маргариты, жужжит моя ось, я вижу тончайшие кварцевые нити . . . для полноты которых недостает только Маргариты (наученный горьким опытом, прибавлю «покуда»). Но главное тут не оси и не нити, а чувство радости жизни, жажда ловить каждый момент, ощущение своей цели, своей ценности для кого-то и для чего-то, яркий теплый луч, пронизывающий всю душу»⁵⁶.

Лебедев уверен в наступлении более счастливых времен. Вскоре он женился на сестре своего друга А. А. Эйхенвальда — Валентине Александровне. О семейной жизни Лебедева известно не очень много, однако, по всей видимости, он был счастлив. Но удачи не долго сопутствовали ученому. В 1911 г. в Московском университете разразились события, в результате которых Лебедев был вынужден уйти из университета.

Последний год жизни

В 1899—1905 гг. в Московском университете часто происходили студенческие волнения, носившие политический характер. С бунтовавшими студентами расправлялись жестоко: сажали в тюрьмы, сдавали в солдаты. В. И. Ленин выступил по этому поводу в февральском но-

⁵⁶ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 601—603.

мере газеты «Искра» за 1901 г. со статьей «Отдача в солдаты 183 студентов», в которой писал: «Студент шел на помощь рабочему — рабочий должен пойти на помощь студенту. Правительство хочет одурачить народ, заявляя, что стремление к политическому протесту есть простое бесчинство. Рабочие должны публично заявить и разъяснить самим массам, что это — ложь, что настоящий очаг насилия, бесчинства и разнузданности — русское самодержавное правительство, самовластие полиции и чиновников»⁵⁷.

В начале 1902 г. студенческие волнения буквально потрясли университет. Поводом послужила смерть студента университета Помпасевича, арестованного и зверски избитого полицейскими. Студенты требовали наказания виновных и соблюдения университетских свобод.

В правительственных кругах по-своему трактовали происходившие события. В частности, министр просвещения даже издал по этому поводу специальный приказ: «9-го февраля утром, — констатировал он, — во дворе Московского университета стали собираться студенты сего университета, среди коих были женщины и слушатели других высших учебных заведений столицы. Считаю неудобным оставлять студентов во дворе, ректор университета разрешил им перейти в актовъй зал и оттуда расходиться по домам. Толпа более 400 человек проникла из зала в другие университетские помещения, причем взломала наружные двери и 7 дверей актового зала и аудиторий. Часть толпы поднялась на третий этаж, где взломала входные двери в квартиру заведующего юридической семинарией приват-доцента Чистякова и, принудив последнего удалиться. . . , взломала шкаф и попортила и уничтожила многие вещи Чистякова. В это время толпа вела себя шумно и пела песни. Из нескольких окон, выходящих на Никитскую улицу, выкинуты красные флаги. . . Ввиду полной невозможности водворить порядок собственными силами, учебное начальство обратилось к содействию гражданских властей, по распоряжению которых около 12 часов ночи в здание университета были введены полиция и военная команда, и все самовольно проникшие в университет без особого с их стороны сопротивления были арестованы и препровождены в манеж»⁵⁸. Министр дал ука-

⁵⁷ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 4, с. 395.

⁵⁸ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 614.

зание руководству университета об исключении арестованных из числа студентов.

В то время П. Н. Лебедев лечился за границей. В начале марта он получил письмо от К. А. Тимирязева. Последний успокаивал его и просил не верить слухам и сообщениям печати о событиях в Московском университете: «Отдыхайте, отдыхайте сколько можно и подолее не возвращайтесь в этот несчастный сумасшедший дом, именуемый Российским университетом. . . , — писал Тимирязев. — О том, что здесь творилось и творится, не буду говорить, чтобы не нарушать главного достоинства Вашего отдыха, т. е. блаженного неведения. Скажу только одно: не верьте тем гадостям, которые распространяют про бедных студентов. . . берегите, берегите, берегите себя — ради себя, ради науки и ради нашего несчастного учащегося юношества».

К 1911 г. политическая борьба в России обострилась. Среди студентов Московского университета было немало революционеров-подпольщиков. Полиция знала об этом, однако автономное положение российских университетов не позволяло полицейским чинам даже входить на территорию учебных заведений. В этой связи министр просвещения, бывший профессор Московского университета Л. А. Кассо, издал циркуляр, обязывавший администрацию российских университетов незамедлительно сообщать в органы полиции о политических сходках студентов, проводимых в стенах учебных заведений. Этот приказ ставил администрацию университетов в весьма тяжелое положение: он фактически вменял им в обязанность выполнять функции надзирателей.

Хорошо понимая нелепость этой меры, но желая подстраховаться в глазах высокого начальства, ректор университета А. А. Мануйлов обратился к Совету университета с просьбой вынести официальное решение, дающее ему право не исполнять предписание министерства просвещения. Несмотря на то что Совет был не компетентен решать вопросы, выходящие за пределы университетского устава, предложение ректора подверглось обсуждению и оказалось принятым простым большинством голосов. Опираясь на решение Совета, Мануйлов сообщил министру волю университета. Однако министр, разгадав замысел ректора, уволил его и его помощника М. А. Мензбира в отставку. При этом они были отстранены от профессорских должностей.

Член Совета университета П. Н. Лебедев по болезни не принимал участия в обсуждении. Узнав об отстранении Мануйлова с поста ректора и об исключении его из числа профессоров, Лебедев телеграммой выразил сожаление по поводу случившегося и надежду на скорое возвращение уволенных в университет. Лебедев даже не предполагал, что будет сделана попытка организовать массовый уход профессуры из Московского университета. Речь могла идти лишь о выражении массовых протестов в печати или на митингах, дабы разъяснить широким массам, как об этом писал раньше В. И. Ленин, что выражение политических протестов не есть бесчинство и насилие, что истинными источниками бесчинства и насилия являются чиновники самодержавного правительства и полиции.

Мануйлов и те, кто поддерживал его, вероятно, не предвидели пагубных последствий и стали на путь организации массового ухода профессоров и преподавателей из университета. Политический мотив такой кампании заключался в необходимости выразить протест против посягательств министра просвещения на автономию российских университетов. Справедливость политической мотивировки ни у кого из прогрессивных профессоров не вызывала сомнения, однако избранная форма борьбы натолкнулась на сопротивление оппозиции. Нужно было не «хлопать дверьми», а организовать массовый протест профессоров российских университетов и передовой интеллигенции.

Вскоре из университета ушли профессора, которые были уже вне штата, затем и члены Совета, которые голодовали за отказ выполнять циркулярные предписания. Покинул университет и П. Н. Лебедев.

История ухода П. Н. Лебедева из университета показывает, что некоторые организаторы кампании оказывали на него давление. К. А. Тимирязев, вспоминая события тех дней и созданную для П. Н. Лебедева моральную обстановку, писал: «Ему говорили: будь лакеем, беспрекословно исполняй, что тебе приказывают, забудь, что у тебя есть человеческое достоинство, что у тебя есть честь, или уходи»⁵⁹. «Историки, юристы и даже медики, — возражал он, — те могут сразу уйти, а у меня ведь лаборатория и, главное, более 20 учеников, которые все пой-

⁵⁹ Тимирязев К. А. Собр. соч., т. 8, с. 310.

дут за мной. Прервать их работу нетрудно, но устроить их очень затруднительно, почти невозможно. Это для меня вопрос жизни»⁶⁰.

Сестра ученого Александра Николаевна рассказывала впоследствии о том, что в те дни Петр Николаевич не спал по ночам, его душу терзали мысли о гибели дела, за которое он, не щадя своего здоровья, так отчаянно боролся и которому отдал много сил. Но его мучила и совесть гражданина, он не мог не поддержать протеста против посягательства на автономные права университета, он решил последовать примеру ушедших.

К. А. Тимирязев подчеркивал, что Лебедев ушел, сознавая трагические последствия этого шага для него и для дела, которому он отдал свое здоровье; ученый не был из тех, кто эффектно удалился по парадной лестнице, чтобы вернуться втихомолку с черного хода. По возрасту он еще не имел права на пенсию. Не было у него и достаточных сбережений: он никогда не пользовался баснословными гонорарами и совместительством. Лебедев терял все: возможность продолжать собственную научную работу и работу своих учеников, возможность материально обеспечить себя и свою семью.

Сопоставляя все исторические факты, невольно приходишь к выводу, что царскому правительству было выгодно, чтобы из Московского университета сами ушли те, кто, по их представлению, был политически неблагонадежен. Если бы коллектив профессоров и преподавателей Московского университета был мал, то правительство могло поступить с ним так, как с Петровско-Разумовской сельскохозяйственной академией в 1892 г., когда оно закрыло это учебное заведение, уволило весь состав преподавателей и распустило студентов, а затем вновь открыло его, очистив от политически неблагонадежных преподавателей и студентов.

Вскоре после ухода П. Н. Лебедев узнал, что многие из ушедших возвратились в университет. Не желали поддержать эту форму борьбы Н. Е. Жуковский, В. М. Бехтерев и другие, а А. Н. Северцев занял место уволенного Мензбира. Лебедеву же, числившемуся в списке политически неблагонадежных, возврат в Московский университет был закрыт.

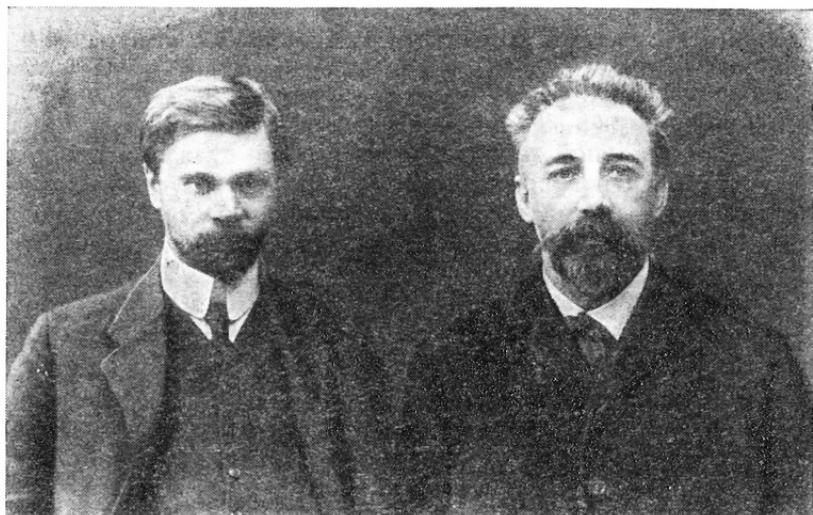
⁶⁰ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 618.

Весть об уходе П. Н. Лебедева быстро распространилась во всем мире. Российская и зарубежная научная общественность проявила заботу о судьбе выдающегося ученого. Лебедев получил ряд лестных приглашений из разных российских университетов и из зарубежных научных учреждений с предложением занять там почетные места. Директор Главной палаты мер и весов в Петербурге Н. Г. Егоров пригласил Лебедева на место научного сотрудника. Аналогичные приглашения поступили от Киевского, Харьковского и Варшавского университетов. Известный ученый Сванте Аррениус писал ему из Стокгольма: «Естественно, что для Нобелевского института было бы большой честью, если Вы пожелали бы там устроиться и работать, и мы, без сомнения, предоставили бы Вам все необходимые средства, чтобы Вы могли дальше работать. . . Вы, разумеется, получили бы совершенно свободное положение, как это соответствует Вашему рангу в науке»⁶¹.

Лебедев же принял приглашение Городского университета им. А. Л. Шанявского, надеясь, что в этом случае ему удастся сохранить жизнь созданной научной школы физиков и через Научное Общество им. Х. С. Леденцова получить материальную поддержку для продолжения начатых исследований. И, действительно, это общество выделило Лебедеву 15 тыс. руб. для организации новой физической лаборатории при Городском университете. На эти средства был арендован подвал в частном доме (Мертвый переулок). Здесь была организована новая физическая лаборатория и находилась квартира ее руководителя.

Состояние здоровья Лебедева вновь ухудшилось. Он отправляется на лечение в Гейдельберг, поручив своему помощнику П. П. Лазареву продолжать развитие новой лаборатории. В эти дни из Стокгольма вторично поступило приглашение Лебедеву перейти на работы в Нобелевский институт. Был поставлен вопрос о присуждении ему Нобелевской премии. 5 августа 1911 г. Лебедев написал своему помощнику, что окончательно решил остаться в России: «Я все же думаю, что надо остановиться на Палате (Палата мер и весов в Петербурге. — А. С.), там мы будем вместе, да может быть все хорошо устроится». 16 августа, узнав от Лазарева, что дело с организацией лаборатории продви-

⁶¹ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки. М., 1950, с. 146—147.



П. Н. Лебедев со своим помощником П. П. Лазаревым, 1911 г.

нулось весьма хорошо, Лебедев писал: «Через несколько дней я буду в Москве и буду от души рад лично убедиться, что мы вместе с Вами будем делать живое дело в Мертвом переулке»⁶². Однако в Москву Лебедев вернулся лишь в сентябре 1911 г.

Незадолго до отъезда за границу Лебедев разработал план организации физической лаборатории. Возвратившись в Москву, он начал активно пропагандировать идею создания московского научного института по типу «Клинического городка», построенного в Москве на частные пожертвования. С этой целью ученый уже обращался через печать к русской общественности со статьями «Русское общество и русские национальные лаборатории» и «Памяти первого русского ученого». Теперь же он выступил со статьей «Успехи физики в 1911 году». В них он ратовал за организацию «свободных от неожиданных потерсий научных институтов, созданных усилиями частных пожертвователей».

На II Менделеевском съезде школа Лебедева продемонстрировала жизнеспособность научных исследований, нача-

⁶² *Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 166.*

тых в Московском университете. На съезде была организована выставка физических приборов, построенных в новой лаборатории, среди которых обращал на себя внимание спектрограф для инфракрасных лучей — новинка экспериментальной техники. Этот прибор стал прототипом будущих спектрографов. Лебедев изложил на съезде программу дальнейших научных исследований, относящихся к изучению физических свойств вещества в электромагнитных полях различной частоты⁶³.

Усилия Лебедева увенчались успехом: на постройку здания для московского научного института (помимо 15 тыс. руб., полученных от Общества им. Леденцова) стали поступать значительные суммы. План нового здания был разработан Лебедевым при участии архитектора А. Н. Соколова. Его воздвигли на Миусской площади в Москве, к сожалению, уже после смерти ученого.

В январе 1912 г. общественность Московского университета отмечала 25-летие профессорской деятельности Н. Е. Жуковского и присвоение ему почетного звания и почетной пенсии. В торжествах по этому поводу не мог принять участие Лебедев, он заболел. Вся тяжесть дальнейшей работы по выполнению планов Лебедева легла на плечи его помощника П. П. Лазарева.

Начатые Лебедевым еще в университете экспериментальные исследования природы геомагнетизма на «модельной установке» не дали ожидавшегося результата. Загадка этого явления оказалась более сложной, чем предполагали в то время. Неудача побудила Лебедева заявить в печати, что существующих гипотез недостаточно для объяснения происхождения геомагнетизма и магнетизма солнечных пятен. Эта работа оказалась последним экспериментальным трудом выдающегося физика⁶⁴.

Безнадежно больной, Лебедев страдал от того, что не сказал последнего слова в науке. Ведь он совсем близко подошел к разгадке «дырковых фотографий» на основе явления дифракции рентгеновских лучей на кристаллических решетках. Лебедев имел обнадеживающие планы дальнейших исследований физики рентгеновских лучей и радиоактивности, его учениками с успехом проводились исследования радиоспектроскопии магнетиков и ультра-

⁶³ Лебедев П. Н. Собр. соч., М., «Наука», 1963, с. 335.

⁶⁴ Там же, с. 334.

звуковых колебаний. «Голова набита научными планами, остроумные работы в ходу, — писал он незадолго до смерти княгине Голицыной, — не сказал я еще своего последнего слова — я это понимаю умом, понимаю умом слова «долг», «забота», «свыкнется» — все понимаю, но ужас, ужас постылой, ненавистной жизни меня бьет лихорадкой: старый, одинокий, больной. Я знаю ощущение близости смерти, я пережил его секунду за секундой в абсолютно ясном сознании во время одного сердечного припадка (врач тоже не думал, что я переживу) — знаю это жуткое чувство, знаю, что значит готовиться к этому шагу, знаю, что с этим не шутят, — и вот если бы сейчас, как тогда, вот тут, когда я Вам пишу, ко мне опять подошла бы смерть, я теперь не препятствовал бы, а сам пошел ей навстречу — так ясно мне, что жизнь моя кончена. . . Горе заставило пошевелинуться в душе и давно, может быть бессознательно, пережитое — и мне было так просто, так естественно теперь, когда мне так тяжело, сказать Вам несколько слов, сказать не для Вас, а для себя»⁶⁵.

1 (14) марта 1912 г. перестало биться сердце знаменитого русского физика. Передовая общественность России тяжело переживала его потерю. К. А. Тимирязев писал в некрологе: «Успокоили Лебедева. Успокоили Московский университет. Успокоили русскую науку. А кто измерит глубину нравственного растрепания молодых сил страны, мобилизуемых на борьбу с этой ее главной умственной силой? И это в то время, когда цивилизованные народы уже знают, что залог успеха в мировом состязании лежит не в золоте и железе, даже не в одном труде пахаря в поле, рабочего в мастерской, но и в делающей этот труд плодотворным творческой мысли ученого в лаборатории. Или страна, видевшая одно возрождение, доживет до второго, когда перевес нравственных сил окажется на стороне «невольников чести», каким был Лебедев? Тогда, и только тогда, людям «с умом и сердцем» откроется, наконец, возможность жить в России, а не только родиться в ней, чтобы с разбитым сердцем умирать»⁶⁶.

Великий ученый — физиолог И. П. Павлов писал в телеграмме по поводу смерти П. Н. Лебедева: «Всей душой разделяю скорбь утраты незаменимого Петра Нико-

⁶⁵ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 186.

⁶⁶ Русские ведомости, 1912, 8 апреля.

лаевича Лебедева. Когда же Россия научится беречь своих выдающихся сынов — истинную опору Отечества?»⁶⁷.

Более 100 телеграмм и писем было получено от ученых всего мира с выражением скорби по поводу безвременной кончины русского физика. Знаменитый голландский физик, создатель электронной теории строения вещества и автор основы математического аппарата современной теории относительности Г. А. Лорентц писал: «Я считал его одним из первых и лучших физиков нашего времени и восхищался тем, как он в последний год при самых неблагоприятных условиях сумел поддержать в целости основанную им московскую школу и нашел возможность продолжать общую работу. Теперь я узнал, что он делал все это с уже расстроенным здоровьем, принося свои последние силы в жертву поставленной перед собой прекрасной цели. Пусть дух его живет в его учениках и сотрудниках по работе, и пусть посеянные им семена принесут богатый плод!».

Узнав о безвременной смерти П. Н. Лебедева, Сванте Аррениус писал супруге покойного: «Сегодня утром я получил тяжелое известие о кончине Вашего незабвенного супруга, бывшего величайшим из исследователей в области точных наук в России. . . Мне не остается теперь ничего другого, как сказать Вам, насколько высоко ценил его научный мир и как радуется меня то, что я был связан с ним не только по его работам, но и по личной переписке. . . Имя Лебедева будет неизменно сиять в области физики и астрономии, к славе его времени и родины»⁶⁸.

История знает многие случаи трагической гибели выдающихся деятелей науки. Людвиг Больцман, Пауль Эренфест добровольно ушли из жизни, не выдержав напряжений, обусловленных трагическим разрывом с внешней средой. Говоря словами А. Эйнштейна, эти чистой души ученые, как и Лебедев, пали жертвой главным образом того конфликта совести, от которого в той или другой форме не гарантирован ни один ученый.

«Мы, смертные, достигаем бессмертия в остающихся после нас вещах», — справедливо подчеркивал А. Эйнштейн. Бессмертие Лебедева состоит в вечности жизни его творения, составляющего золотой фонд отечественной и мировой науки.

⁶⁷ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 619.

⁶⁸ Там же, с. 605—606.

Природа молекулярного взаимодействия

Сущность взаимодействия физических образований.

Еще во времена Анаксагора в физике вошло понятие о силе как некоем внешнем по отношению к телам силовом воздействии, никак не связанном с самими телами. Такое мистическое представление просуществовало довольно долго, оно мало изменилось и во времена зарождения и развития классической механики. Правда, основоположник классической механики Исаак Ньютон, создавая новую систему понятий в физике, в которой сила представлялась как объективная причина изменения состояния механического движения тел, оговаривался насчет таких понятий, как «внешние силы» и «врожденные силы». Он утверждал: «Эти понятия должны рассматриваться как математические, ибо я еще не обсуждаю физических причин и места нахождения сил»¹.

Следовательно, по понятиям Ньютона, сила — это математическая величина действия, причина которого остается вне поля зрения. Заметим, что еще у Декарта сила выступала как объективная характеристика взаимодействия. Ньютон же выразил эту характеристику количественно. И хотя в те далекие времена высказывалось мнение, что взаимодействие сопровождается обменом движениями (конечно, механического происхождения) и что за меру его можно брать количество движения, однако в последующем ходе развития науки менее всего обращалось внимание на сущность взаимодействия.

Первые догадки о сущности взаимодействия (речь шла о сущности лишь гравитационного взаимодействия) встре-

¹ Ньютон И. Математические начала натуральной философии, кн. 1. Пг., 1915, с. 32.

чаются в суждениях Кузанского, Леонардо да Винчи, Кеплера, Коперника, Галилея и др. Тогда же началось выкристаллизовываться и представление о взаимодействии как «причине самого себя» (Спиноза). Однако в период развития классической механики заметно развилось два представления о «механизме» взаимодействия, известные под названием «концепции дальнего действия» и «концепции ближнего действия». Согласно первой взаимодействие осуществляется мгновенно и без промежуточной среды между взаимодействующими объектами, тогда как вторая требовала участия промежуточной среды... Например, считалось, что гравитационное, кулоновское, а затем и амперовское взаимодействия осуществляются посредством мирового эфира. Но сущность, или внутренняя физическая основа, самого «механизма» этих взаимодействий оставалась неясной.

Проблема познания внутреннего физического основания гравитационного, кулоновского и амперовского взаимодействий занимала умы многих исследователей второй половины XIX в. Приверженцы «концепции ближнего действия» полагали, что волновые движения эфира могут служить исходной научной базой познания сущности известных видов физических взаимодействий. Но так как эфир оказался «неуловимым» гипотетическим видом материи, то было решено познать эту сущность, исследуя ponderomotive действия на волновых движениях механического и электромагнитного происхождения.

Первых успехов на этом пути достиг К. А. Бьеркнес в 1863—1883 гг. В ряде работ этот исследователь показал, что помещенные в практически несжимаемую жидкость материальные объекты в форме сфер своеобразно взаимодействуют через эту жидкость, если эти объекты совершают независимые колебательные движения. Опыты показали, что объекты притягиваются, когда разность фаз их пульсаций меньше $\frac{1}{4}$ периода, и отталкиваются, когда разность фаз больше $\frac{1}{4}$ периода. При равенстве разности фаз $\frac{1}{4}$ периода объекты не притягиваются и не отталкиваются.

Результаты опытов Бьеркнеса вызвали определенный интерес. Так, в 1872 г. К. Делингсгаузен предложил теорию сущности гравитации и ряда оптических и магнитных явлений, основывавшихся на учете волнового движения эфира. В 1865 г. А. Х. Лиги также применил волно-

вое движение эфира для объяснения сущности молекулярного притяжения. В том же году К. Пирсон независимо пришел к обоснованию взаимодействия волновым движением эфира.

Все эти исторические факты подготовили научно обоснованную методологическую базу познания сущности физического взаимодействия материальных образований. При этом предполагалось, что познание этой сущности, раскрытие самого физического «механизма» взаимодействия будет служить тем «ключом», с помощью которого можно открыть тайники природы и увидеть пути объяснения таких удивительных явлений, как гравитация, электрические и магнитные закономерности и многие другие загадочные явления в природе. Одним словом, формула Спинозы, согласно которой взаимодействие есть «причина самого себя», внушительно подталкивала физиков атаковать эту проблему.

Как известно, этой проблемой заинтересовался и П. Н. Лебедев, еще будучи студентом МГУ: она значилась в его плане под названием «Единство физических сил» и предназначалась в случае удачи как тема диссертации на звание доктора философии.

Впоследствии выяснились более перспективные и в то же время более емкие экспериментальные и теоретические пути решения этой задачи: проблемные исследования этой задачи составили целую программу научного творчества П. Н. Лебедева, для выполнения которой потребовалось около 19 лет (1891—1910).

Предвидение Лебедева, что сущность взаимодействия всех материальных образований едина, базировалось вначале (в его юные годы) на тех представлениях, с которыми он познакомился в труде А. Секки «Единство физических сил», переведенном на русский язык и изданном в 1880 г. Затем оно укрепилось под воздействием философской доктрины Александра Гумбольдта, согласно которой «природа есть единство во множестве, есть соединение разнообразного по форме и по составу в одно общее гармоничное целое»². С этой доктриной Лебедев познакомился в 1889 г., читая пятитомный труд Гумбольдта «Космос». Наконец, в начале 1890 г., будучи в Москве и анализируя демонстрировавшиеся Герцем в Берлине опыты

² Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 41.

с электромагнитными волнами, он пришел к окончательному убеждению относительно электромагнитной природы молекулярных сил и того, что лучеиспускание молекул как электрических микровибраторов есть физическая основа происхождения молекулярного взаимодействия.

Однако это убеждение стало лишь методологической базой конкретных исследований. И, как свидетельствуют записи в дневнике 1891—1893 гг. (№ 90), Лебедев осуществил теоретические расчеты, в основе которых лежали конкретные предположения о природе взаимодействующих объектов и о близких к реальности условиях их пребывания. Исследовать непосредственно молекулярные силы тогда не представлялось возможным: еще не было известно о структуре молекул и законах излучения этими объектами. Задача усложнялась и тем, что в реальных условиях молекулы непрерывно движутся и характер этих движений зависит от агрегатного состояния молекулярных образований. Поэтому Лебедев решил исследовать законы молекулярного взаимодействия на «макромолекулах», т. е. искусственно созданных системах, обладающих схожими с молекулами свойствами колебательного движения. Эти системы он назвал «резонаторами», а их конструктивные особенности приспособил к восприимчивости либо к гидродинамическим, либо к акустическим и электромагнитным колебаниям (рис. 15, 16).

Вначале Лебедев рассмотрел еще никем не исследованный случай — взаимосвязанное взаимодействие этих «макромолекул» и «волнового поля», т. е. резонаторов и «волн», как он их назвал. Расчет показал, что закономерности пондеромоторного действия «волнового поля» на макрорезонатор тождественны в случаях электромагнитных, гидродинамических и акустических объектов. Однако подтвердить этот расчет экспериментально оказалось весьма трудным делом.

Не вдаваясь в подробности описания изумительного эксперимента, проведенного Лебедевым, приведем здесь лишь анализ итогов исследования этой проблемы и укажем на их место в учении о молекулярных взаимодействиях.

Поиски предшественниками Лебедева разгадки «механизма» взаимодействия, признававшими основную роль волнового движения (правда, не реальных сред, а волнового эфира), увенчались определенным успехом. Однако

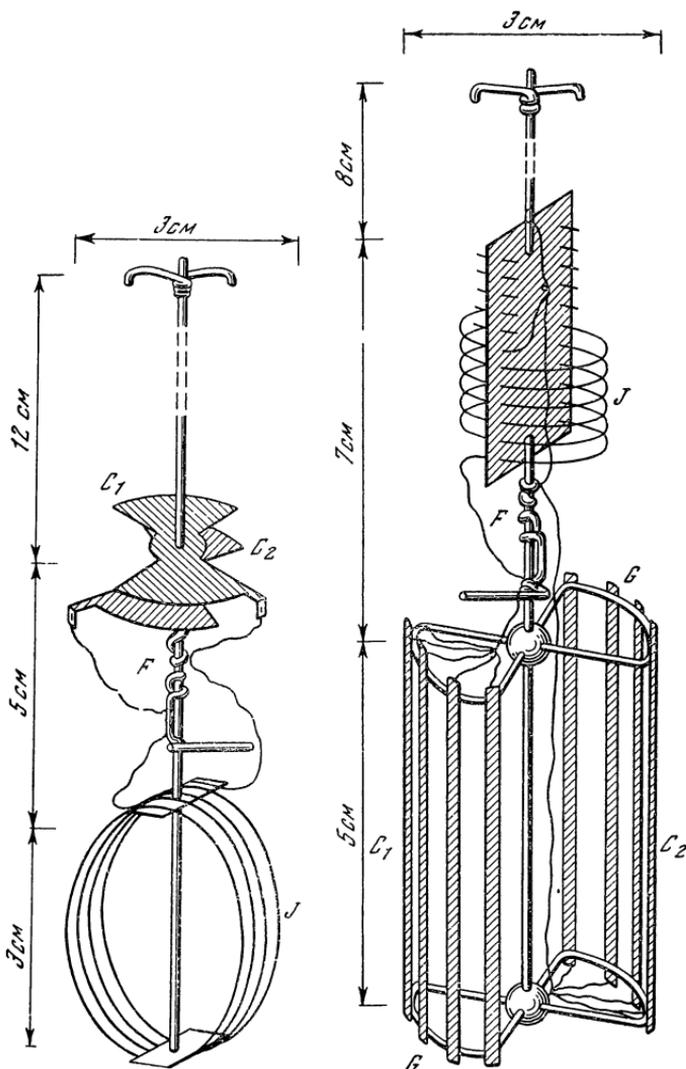


Рис. 15. Магнитный резонатор П. Н. Лебедева

J — катушка самоиндукции, состоящая из четырех витков тонкой серебряной проволоки; *C*₁, *C*₂ — тонкие алюминиевые пластинки конденсатора; *F* — искровой микрометр

Рис. 16. Электрический резонатор П. Н. Лебедева

J — соленоид из тонкой серебряной проволоки, укрепленный на бумажной пластинке; *F* — искровой микрометр, служащий для определения длины волны резонатора; *C*₁, *C*₂ — два цилиндрических квадранта; *G* — стеклянная рамка, на которую крепятся полоски

было еще далеко до решения всей проблемы. Например, К. А. Бьеркнес³ и почти одновременно В. Дворжак⁴ экспериментально установили лишь те факты пондеромоторного действия гидродинамических и акустических волн на соответствующие резонаторы, которые еще не выражали характерных законов взаимодействия, а лишь отражали частные случаи, причем не взаимодействия, а действия.

Заслуга установления характерных законов взаимодействия «резонирующих» объектов и «волнового» поля принадлежит П. Н. Лебедеву⁵. Он назвал эти законы элементарными потому, что они выражают самые простые и одновременно общие случаи взаимного действия материальных образований, т. е. когда это взаимодействие осуществляется через физически однородное «волновое» поле (электрическое, магнитное, гидродинамическое и акустическое).

Оказалось, что во всех этих случаях законы взаимного притяжения или отталкивания тождественны: когда собственные характеристики резонирующих объектов соизмеримы с параметрами «волнового» поля и взаимодействующие объекты расположены поблизости друг от друга, то величина воспринимаемого резонатором механического импульса прямо пропорциональна энергии «волнового» поля и зависит от соотношения частот колебательного движения взаимодействующих объектов, т. е. когда

$$K = E \frac{\omega_1 (\omega_2 - \omega_1)}{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 + (\omega_2 - \omega_1)^2},$$

где K — механический импульс (давление); E — объемная плотность энергии; ω_1 и ω_2 — частоты вибратора и резонатора; α_1 и α_2 — коэффициенты затухания.

Когда разности между значениями частот вибратора и резонатора будут стремиться к нулю, величины механического импульса будут приближаться к максимуму. Значения отталкивательного и притягательного взаимодействия, соответствующие положительному или отрицательному знаку величины механического импульса, симметричны по отношению к нулевому (равновесному) взаимодействию.

³ Exners Repertorium, 1883, v. 19, p. 288.

⁴ Ber. d. Wien. Akad., 1875, Bd. 72, S. 213; 1882, Bd. 84, S. 710.

⁵ Лебедев П. Н. Собр. соч. М., 1963, с. 68.

В случае, когда резонаторы находятся на весьма больших расстояниях от вибраторов и воспринимают «волновые» поля в форме плоской волны, характер взаимодействия будет иной.

П. Н. Лебедев впервые обнаружил характерную особенность взаимодействия в этом втором случае; здесь механический импульс уже будет определяться соотношением

$$K = E \frac{\omega_1^3 \alpha}{(\omega_2^2 + a^2 - \omega_1^2)^2 + 4\omega_1^2 a^2}.$$

При любых соотношениях частот этот импульс будет только отталкивающим.

Эти труды Лебедева оказались поворотной вехой в учении о сущности взаимодействия материальных образований. Если до их опубликования учение о взаимодействии пребывало еще в несовершенном состоянии и содержало в себе различные догадки и даже недоразумения, то после экспериментальных и теоретических исследований Лебедева в 1894—1899 гг. воззрения на эту проблему претерпели изменения. В частности, ни у кого уже не вызывало сомнения то, что всякое взаимодействие сопровождается обменом движениями взаимодействующих объектов; концепция «дальнодействия» была окончательно похоронена.

Значение результатов этих исследований возрастает, если учесть, что установленные Лебедевым элементарные законы указали на глобальную роль волнового вида движения во взаимодействии физических материальных образований. Волновой характер движения материи оказался квинтэссенцией физического механизма трех качественных видов взаимодействия — притягательного, отталкивательного и равновесного.

Именно начиная с этих исторических трудов П. Н. Лебедева учение о сущности взаимодействия физических материальных образований стало на прочный научный фундамент. Такой вывод подтверждается последующим ходом развития физики. Предсказание Лебедева о том, что по своей природе сцепление молекул является электромагнитным, оказалось пророческим.

Дальнейшее развитие учения о природе молекулярных сил взаимодействия. Исследование научного наследия Лебедева позволило дополнить историческую картину формирования его представлений о глобальной роли лучеис-

пускания молекул в их взаимодействии, в их сцеплении. Так, из дневников за 1891 г. мы узнаем, что Лебедев подкрепил уже сформировавшееся представление интересными анализами условий разрыва металла. В частности, он заинтересовался вопросом зависимости силы разрыва металлов от их температуры, так как температурная характеристика обуславливает и интенсивность лучеиспускания. «Если предположить, — писал Лебедев, — что молекулярные силы зависят от лучеиспускания, то надо ожидать, что при очень низких температурах, где лучеиспускание мало, молекулярные силы малы. Любопытно проследить сопротивление разрыва при очень низких температурах, может быть тут явится для каждого металла температура, при которой он обладает наибольшим сопротивлением разрыву» (№ 90, с. 130).

Лебедев взял табличные данные и, сравнив их, нашел, что силы разрыва железа имеют максимум при $+250^{\circ}\text{C}$, а меди — при -30°C , в то время как при меньших или больших температурах сила разрыва уменьшается.

Построив по табличным данным кривую $F_{\text{раз}}=f(t^{\circ}\text{C})$, Лебедев экстраполировал кривую, доведя ее до значений очень низких температур (рис. 17). Полученный результат побудил его заключить: «... мы не можем пренебрегать силами, возникающими от лучеиспускания, не отделив предварительно той доли молекулярных сил, которую они составляют, и не отделив эти известные силы от неизвестных»⁶.

Когда же им были установлены элементарные законы взаимодействия вибраторов различной природы, он смог со всей определенностью заявить: «... становясь на точку зрения электромагнитной теории света, мы должны утверждать, что между двумя лучеиспускающими молекулами, как между двумя вибраторами, в которых возбуждены электромагнитные колебания, существуют пондеромоторные силы: они обусловлены электродинамическими взаимодействиями переменных электрических токов в молекулах (по законам Ампера) или переменных зарядов в них (по законам Кулона); мы, следовательно, должны утверждать, что между молекулами в этом случае существуют молекулярные силы, причина которых неразрывно связана с процессами лучеиспускания»⁷.

⁶ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 35.

⁷ Там же, с. 69.

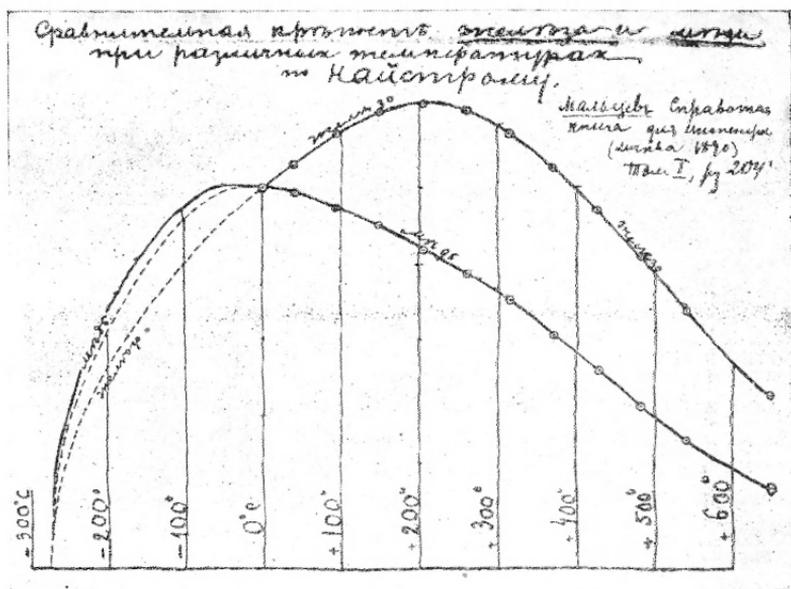


Рис. 17. График зависимости силы разрыва металлов от температуры

Таким образом, согласно выдвинутой Лебедевым доктрине молекулярного взаимодействия, электромагнитная природа этого взаимодействия основная. По мнению Лебедева, это же сохраняется и в случае взаимодействия молекул в конденсированных состояниях. К этим силам могут прибавляться какие-то другие, еще неизвестные силы, но они не могут быть основными. «Наибольший интерес и наибольшую трудность по своей сложности, — констатировал Лебедев, — представляет собой случай, имеющий место в физическом теле, в котором одновременно действуют друг на друга много молекул, причем колебания этих последних благодаря их близкому соседству не независимы друг от друга. Если когда-нибудь явится возможность вполне решить этот вопрос, то, пользуясь данными спектрального анализа, мы можем заранее предвычислить величины интермолекулярных сил, обусловленных взаимным лучеиспусканием молекул, указать законы зависимости их от температуры и, сравнив эти вычисленные величины с наблюдаемыми на опыте, решить коренной воп-

рос молекулярной физики: сводятся ли все так называемые «молекулярные силы» к заранее известному и указанному выше пондеромоторному действию лучеиспускания, электромагнитным силам, или в состав их входят еще и другие силы неизвестного до сих пор происхождения»⁸.

Но какими бы ни были эти «другие силы», они согласно выдвинутой доктрине должны тоже подчиняться элементарным законам взаимодействия резонирующих вибраторов и «волнового» поля. В этой связи Лебедев писал: «... те элементарные законы, к которым сводятся наблюдаемые явления, должны быть независимы от физической природы данных колебаний и воспринимающих их резонаторов. В таком случае пределы применимости найденных законов должны быть чрезвычайно расширены.

Главный интерес исследования пондеромоторного действия волнообразного движения лежит в принципиальной возможности распространить найденные законы на область светового и теплового испускания отдельных молекул тела и предвычислить получающиеся при этом межмолекулярные силы и их величину»⁹.

При этом Лебедев обращал внимание на трудности вычисления этих сил, обусловленные незнанием строения молекул (атомов) как микровибраторов и их спектральных свойств.

Лишь в 1911 г. была, наконец, решена проблема ядерно-электронного строения атомов (Резерфорд), а в 1913 г. на этой основе была построена новая количественная теория спектрального излучения простейшего атома — атома водорода (Нильс Бор). Вскоре после этих успехов физики и в связи с окончательным признанием молекул или атомов как микровибраторов, обладающих известными структурами, начались первые попытки вычисления указанных Лебедевым интермолекулярных сил.

Не пытаясь подробно описать историю этой весьма интересной области физики, обратим внимание лишь на те труды ученых, методологическая основа которых так или иначе восходит к доктрине Лебедева о сущности интермолекулярных взаимодействий.

Если П. Дебаю (1912) принадлежит заслуга разработки полуклассического способа подсчета так называемых

⁸ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 68.

⁹ Там же, с. 121.

мых ориентационных сил взаимодействия полярных молекул, чем был внесен определенный вклад в познание специфики вандерваальсова взаимодействия, то Кеезому мы обязаны дополнением к этой теории так называемых индукционных сил взаимодействия. В последующем эти труды сыграли свою роль в усовершенствовании способа расчета этих сил, учитывающего квантовомеханический характер волнового движения в системах атомов и молекул.

В 1916 г. В. Коссель¹⁰ предпринял попытку определить силы ионного взаимодействия атомов и молекул, но не смог вычислить силы взаимодействия атомов с завершёнными электронными оболочками. Слабость этой попытки побудила Г. Люиса и других ученых¹¹ взяться за новый способ вычисления, в котором наиболее наглядно выступает доктрина Лебедева. Люис рассматривал взаимодействие, осуществляемое с помощью «парных электронов»: каждый электрон этой пары принадлежит своей системе и при обмене ими осуществляется взаимная передача движения от взаимодействующих атомов. Эта блестящая догадка, конечно, базировалась на известных экспериментах Лебедева и его обобщениях, хотя автор и не ссылаясь на труды Лебедева.

Лишь в 1927 г. эта полузабытая идея Люиса получила развитие в трудах В. Гейтлера и Ф. Лондона¹², хотя на нее тоже не делалось ссылок. Эти авторы учли квантовомеханический характер обмена энергии взаимодействующих атомов и получили результат, позволяющий вычислить лишь приблизительно взаимодействия гомополярных образований. Суть квантовомеханического обмена энергиями состоит в том, что взаимодействующие атомы синхронно обмениваются валентными электронами, названными впоследствии «ковалентными электронами», а само взаимодействие было названо «ковалентным».

Не делая ссылок на труды Лебедева, Коссель откровеннее высказался о той физической сущности ковалентного взаимодействия, которую установил Лебедев. По мнению Коссееля, атом есть квантовый микровибратор, обладающий свойством, аналогичным свойству электромагнитного колебательного контура; при сближении таких кон-

¹⁰ Ann. d. Phys., 1916, Bd. 49, s. 229.

¹¹ J. Chem. Soc., 1916, v. 38, p. 762.

¹² Zs. f. Phys., 1927, Bd. 44, s. 455.

туров частота основного колебания как бы расщепляется на две, причем соотношение этих частот предопределяет либо притяжение, либо отталкивание¹³. Макс Борн расценил наглядность этой сущности взаимодействия квантовомеханических вибраторов как наиболее соответствующую физической реальности¹⁴.

Таким образом, в истории учения о сущности молекулярного (атомного) взаимодействия труды П. Н. Лебедева по праву должны занимать фундаментальное место: они обоснованно раскрыли сущность всякого взаимодействия материальных образований типа молекул или атомов. Лишь способы расчета сил взаимодействия конкретных микрообразований должны учитывать, как и указывал Лебедев, структуру этих объектов и их спектральные характеристики.

На значение трудов выдающегося русского физика обратил внимание Б. В. Дерягин. Труды Б. В. Дерягина и Е. М. Лифшица еще раз подтвердили обобщения и идеи П. Н. Лебедева в области молекулярного взаимодействия¹⁵.

В частности, Б. В. Дерягин, отмечая, что Лебедев еще не мог иметь каких-либо конкретных представлений, например, о виртуальных фотонах и им подобных квазиобразованиях, справедливо подчеркивал, что раскрытая ученым сущность физического взаимодействия позволила предвидеть шире, глубже и дальше своих предшественников возможное существование пока еще не познанных «волновых» объектов, вносящих свой вклад во взаимодействия молекул и их совокупностей. Это лебедевское обобщение оказалось пророческим: в квантовой электродинамике доказывается, что электростатическое и магнитостатическое взаимодействия осуществляются с помощью обмена виртуальными фотонами. Во взаимодействиях сложных молекулярных соединений и конденсированных сред вносят свой вклад электромагнитные флуктуации, а также квазичастицы, названные фононами и экситонами.

Установленная Лебедевым сущность физического взаимодействия оказалась справедливой и в случае взаимо-

¹³ Phys. Zeitschrift, 1934, Bd. 32, S. 172.

¹⁴ Борн М. Химическая связь и квантовая механика. М., 1934, с. 42.

¹⁵ Дерягин Б. В. Электромагнитная природа молекулярных сил. — Природа, 1962, № 4, с. 17; Успехи физических наук, 1967, т. 91, вып. 2, с. 34.

действия ядерных образований: ядерные силы взаимодействия обязаны своим происхождением обменов такими «волновыми» образованиями, как π -мезоны.

Пророческими оказались и предсказания П. Н. Лебедева о влиянии начальных фаз, температуры и спектральных свойств на величину взаимодействия молекул в случае конденсированных состояний. Действительно, в известной теории Лондона начальная фаза, обусловленная так называемым эффектом запаздывания, не учитывалась. В результате величина силы взаимодействия двух молекул оказалась обратно пропорциональной седьмой степени расстояния между их центрами. Лишь спустя 20 лет голландские ученые Казимир и Польдер¹⁶, учтя эффект запаздывания (начальные фазы), установили, что эти силы обратно пропорциональны восьмой степени данного расстояния.

Дальнейший прогресс в этой области связан с осуществленными Б. В. Дерягиным и его сотрудницей И. И. Абрикосовой экспериментами по прямому измерению сил молекулярного притяжения между твердыми телами. Результаты этих опытов плохо согласовывались с теорией Лондона. И, как можно было думать, причиной этому является несовершенство теории Лондона, не учитывающей влияния электромагнитного запаздывания.

В этой связи возникла необходимость в развитии теории. Успеха добился Е. М. Лифшиц, построив теорию молекулярного притяжения на основе учета флуктуационного электромагнитного поля, существующего в твердых телах при любой температуре. Результаты Лифшица оказались в точном согласии с данными экспериментов Дерягина. Больше того, теория Лифшица строилась на квантовомеханической основе электромагнитных сил. Тем самым получило окончательное подтверждение замечательное предвидение П. Н. Лебедева, что по своей природе молекулярные силы целиком электромагнитны.

На заседании в АН СССР, посвященном обсуждению этих успехов советских ученых, председательствующий академик П. Л. Капица заявил, что если бы был жив П. Н. Лебедев, то опыты Б. В. Дерягина и И. И. Абрикосовой вызвали бы у него восторженные чувства.

¹⁶ Phys. Rev., 1948, Bd. 73, S. 38.

Световое давление

Как известно, мировую славу П. Н. Лебедеву принесло решение проблемы светового давления, тогда как историческое значение его трудов по раскрытию сущности физического взаимодействия вообще и взаимодействия молекул в частности до сих пор оставалось почти непризнанным.

Этот своеобразный исторический «парадокс» можно, по-видимому, понять, если учесть уровень развития науки того времени.

Если в последующие этапы развития физики решение проблемы физического взаимодействия материальных образований приобретало все более важное научное значение, то на этом фоне грандиозность экспериментов, проведенных Лебедевым по световому давлению, постепенно стала уступать актуальности дальнейшего развития учения о природе гравитационного и других видов физического взаимодействия. Само представление об установленной Лебедевым сущности физического взаимодействия становилось как-то само собой разумеющимся, тогда как способы вычисления сил взаимодействия конкретных физических объектов выдвинулись на передний план и составили одну из сложных и крупных проблем физики первой половины XX в.

Во времена Лебедева обе эти проблемы были примерно равноценны по исторической значимости и необходимости решения. Однако успех в решении задачи светового давления, которая многим казалась неодолимой, был столь впечатляющим, что изумительные эксперименты по выявлению сущности физического взаимодействия отступили на второй план.

Любопытно, что сам Лебедев отдавал предпочтение решению проблемы сущности физического взаимодействия перед экспериментальным доказательством существования светового давления. Проблему светового давления он считал лишь слагаемой общей проблемы, названной им «Единством физических сил», и для решения ее он составил знаменитый «План» своего творчества, выполнение которого заняло около 20 лет.

Если в экспериментальном доказательстве существования светового давления Лебедев видел лишь надежную базу для подтверждения особой роли лучейспускания во взаимодействиях молекул и других физических объектов,

то многие физики того времени расценивали этот успех лишь как уверенное доказательство электромагнитной природы света в соответствии с теорией Максвелла.

Лебедев не считал необходимым проводить эти эксперименты лишь для доказательства электромагнитной природы света: по его мнению, многие другие эксперименты, в том числе и его собственные, достаточно убедительно подтверждали электромагнитную теорию света Максвелла. В частности, Лебедев осуществил эффектные опыты по двойному лучепреломлению рекордно малой длины волны электромагнитных полей в ромбической сфере. Кроме того, он поставил эксперимент для доказательства справедливости соотношения Максвелла $n^2 = \epsilon\mu$ в случае преломления ультракоротковолновых электромагнитных полей в кристаллических средах, причем ему удалось впервые экспериментально доказать интерференционные свойства поляризованных электромагнитных полей на пластинке в «четверть волны»¹⁷. Поэтому Лебедев не намеревался осуществлять эксперименты и по световому давлению, чтобы доказать теорию Максвелла. Главной движущей силой в экспериментальном исследовании светового давления было прямое доказательство роли лучеиспускания во взаимодействии физических материальных образований, в частности образований типа молекул.

Вот как сам Лебедев обосновывал целесообразность прямого решения проблемы светового давления: «Максвелл—Бартолиевы силы давления лучей могут со временем получить большое значение в вопросах физики и астрофизики, а потому исследование этих сил является тем более желательным, что теоретическое обоснование их как по Максвеллу, так и по Бартоли опирается на определенные элементарные свойства поглощающих и отражающих поверхностей, и потому может возникнуть вопрос, действительно ли только этими элементарными свойствами поверхностей обусловлены силы давления и в случае световых лучей. Этот вопрос может быть разрешен только при помощи дополнительных исследований; самым прямым путем является непосредственный опыт. Попытки, которые сделали в этом направлении Цёльнер и Бартоли, не привели к дополнительным результатам; вот почему я и

¹⁷ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 127.

предпринял изложенное ниже опытное исследование светового давления»¹⁸.

Прежде чем интерпретировать знаменитые эксперименты Лебедева по световому давлению, познакомимся с предысторией этой проблемы. Интересно это еще и потому, что проблема светового давления органически связана с самой древней и сложной тайной природы — принадлежностью света к особому виду материи, которому присущи общие свойства материи.

Предыстория проблемы светового давления. Представление о свете как о материальных лучах зародилось в глубокой древности. Еще Эпикур, Лукреций и другие древние мыслители полагали, что свет — поток мельчайших корпускул. Несколько иного мнения придерживался Аристотель, полагая, что свет — нечто промежуточное между материальными корпускулами и известными телами, свободно проникающее мировой эфир и возбуждающее зрение.

В последующем развитии науки возникли две прямо противоположные точки зрения о природе света. Согласно одной, свет — волновое движение эфира, возбуждаемое светящимися телами; согласно другой — поток самостоятельных мельчайших и невесомых корпускул. Корпускулярную гипотезу древних использовал и Кеплер для объяснения образования и поведения хвостов комет (1608). В 1746 г. Л. Эйлер, исходя из волновой гипотезы о природе света, объяснял образование хвостов комет воздействием на легкие частицы комет продольных колебаний эфира, возбуждаемых Солнцем.

Если бы в те времена удалось прямым путем обнаружить давление света, то все равно древняя загадка о природе света не была бы полностью разгадана, ибо как волновая, так и корпускулярная гипотезы содержали в себе достаточно убедительные обоснования существования светового давления.

Первые попытки экспериментально подтвердить гипотезу существования светового давления принадлежат исследователям XVIII и XIX вв. Так, в 1754 г. де-Мэран и Дюфей, задавшись целью экспериментально обнаружить механическое действие света, натолкнулись на первую

¹⁸ Лебедев П. Н. Собр. соч. М., 1963, с. 189.

непреодолимую в те времена трудность — конвективное движение воздуха, возникающее от нагревания его лучами света. Оно оказалось настолько значительным, что его воздействие на давилый прибор неизмеримо превышало давление света. В 1825 г. О. Ж. Френель повторил попытки своих предшественников и по тем же причинам потерпел неудачу. Эти попытки положили начало укрепившемуся впоследствии убеждению, что якобы принципиально невозможно экспериментально обнаружить световое давление, ибо нельзя избавиться от неизбежных и существенных помех, намного превышающих силы светового давления.

Прошло почти полвека после неудачи Френеля, и родилась новая теория светового давления, созданная в 1873 г. Максвеллом. Она указывала, как можно подсчитать величину светового давления. Логически доказанное Максвеллом существование светового давления основывалось на представлении о свете как электромагнитных волнах малой длины, с одной стороны, и на совпадении величины и направления вектора объемной плотности потока световой энергии с величиной и направлением давления света на поглощающее тело, с другой.

Действительно, пусть напряженности электрического и магнитного полей светового луча меняются по закону

$$E_x = E_{\max} \cos 2\pi/\lambda (z - Ct),$$

$$H_y = H_{\max} \cos 2\pi/\lambda (z - Ct).$$

В направлении z будет создаваться давление, равное

$$P = \frac{1}{2} \sqrt{\epsilon\mu} [E_x H_y].$$

Правая часть этого соотношения выражает объемную плотность потока энергии в среде с ϵ и μ . Однако удобно измеримой величиной является интенсивность света I , равная энергии света, падающего за 1 с на 1 см². Следовательно, абсолютная величина давления может быть подсчитана по соотношению

$$P = \frac{I}{c},$$

где c — скорость света в пустоте.

Если учесть поглощательные и отражательные свойства поверхности, то

$$P = \frac{I}{c} (1 + \beta),$$

где β — коэффициент отражения.

Эта теория дала толчок отдельным исследователям вновь вернуться к эксперименту по обнаружению светового давления, величина которого по теории Максвелла составляет $0,5 \text{ мкг/м}^2$ на поверхности Земли от лучей Солнца.

В 1874 г. В. Крукс впервые попытался устранить помехи, которые мешали добиться успеха его предшественникам. Исследователю удалось достичь самого высокого по тому времени вакуума в сосуде. Но оказалось, что разность температур теневой и освещенной частей поверхности измерительного прибора обуславливает определенную разность давлений оставшегося в сосуде воздуха, превосходящую в неизмеримое число раз световое давление. Эти силы давления воздуха получили название радиометрических, а сам эффект был назван радиометрическим.

В 1877 г. Ф. Цёльнер повторил опыты Крукса и установил, что радиометрические силы в 100 тыс. раз больше сил светового давления. В связи с этим в сознании исследователей укрепилось убеждение, что непосредственным опытом принципиально невозможно обнаружить столь малые силы светового давления. Более того, в 1889 г. Ф. Ленард и М. Вольф указали на существование таких неизбежных спутников светового давления, как реакционные силы, возникающие вследствие отдачи частиц, которые при нагревании лучами отталкиваются от поверхности измерительного прибора.

Одновременно появились новые теоретические доказательства существования светового давления. Так, в 1884 г. А. Бартоли впервые обратил внимание на то, что второй закон термодинамики требует непрямого признания существования сил светового давления. В том же году Л. Больцман, а затем в 1892 г. и Б. Б. Голицын¹⁹,

¹⁹ В своих доказательствах Б. Б. Голицын брал полый цилиндр, не имеющий основания, боковые поверхности которого были абсолютно черными. В качестве зеркала служил поршень. Под действием света легкоподвижное зеркало-поршень могло пере-

следуя по пути А. Бартоли, вычислили величину этого давления. Она точно совпала с предсказанной Максвеллом. Напомним, что Лебедев, будучи еще студентом Страсбургского университета, доказывал существование светового давления, исходя из термодинамической предпосылки и учитывая доплеровское смещение света (запись в дневнике от 12 августа 1890 г.).

мещаться в направлении распространения света. При этом система получала извне тепло Q , величина которого по закону сохранения энергии должна удовлетворять соотношению

$$Q = Wh + Ph,$$

где W — количество световой энергии в единице объема цилиндра; h — величина перемещения зеркала-поршня; P — световое давление.

Медленным понижением температуры системы до абсолютного нуля все тепло переходило на другие тела. На перемещение зеркала-поршня до первоначального его положения не требовалось уже работы: световое давление оказывалось равным нулю. Затем система нагревалась до первоначальной температуры, и тем самым круговой обратимый цикл завершался. Согласно второму закону термодинамики можно записать

$$\frac{Q}{T} = \int_0^T \frac{dW(T)}{T},$$

$$\text{или } \frac{W + P}{T} h = \int_0^T \frac{hdW}{TdT} dT.$$

Разрешая относительно P , получим

$$P = T \int_0^T \frac{dW}{TdT} dT - W.$$

Правая часть выражает объемную энергию света в цилиндре высотой h . Этот результат совпадает с выводом Максвелла.

Если же рассматривать не изотермический процесс, то, как показал Л. Больцман, давление света будет выражаться соотношением

$$P = T \frac{\partial P}{\partial T} - W.$$

Но из этого соотношения уже не следует в явной форме вывод о том, что при $W=0$ и $P=0$, в то время как в расчете Голицына он вытекает автоматически.

Однако в 1891 г. Лебедев обосновал иное теоретическое доказательство существования светового давления в статье «Об отталкивающей силе лучеиспускающих тел»²⁰.

В этой теории Лебедев брал шаровидное тело с космическим весом

$$G = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \delta H,$$

где δ — плотность тела; r — радиус; g — гравитационное ускорение; m — масса тела; H — сила, с которой 1 г тела притягивается на данном расстоянии от Солнца, или напряжение гравитационного поля Солнца на данном расстоянии от Солнца.

Величина давления лучей Солнца на это тело будет определяться соотношением

$$K = \pi r^2 P,$$

где P — давление света.

Тогда поправка к гравитационному закону составит:

$$F = \frac{G - K}{G} = 1 - \frac{3}{4} \frac{P}{H, \delta}.$$

Если плотность тела менее 0,03 и его размер меньше 10 мк, то сила светового отталкивания вблизи орбиты Земли будет превышать силу гравитационного притяжения. Такие тела, по Лебедеву, составляют хвосты комет.

Сравнивая данные, полученные Ф. А. Бредихиным, со своими расчетными, Лебедев пришел к выводу, что гипотеза Цёльнера об электростатическом происхождении отталкивательных сил Солнца, проявляющихся в образовании хвостов комет, несостоятельна. Вместе с этим Лебедев считал соотношение гравитационных сил и светового давления для случая двух космических тел малых размеров при температуре 0° С. Оказалось, что если плотность тел близка к 10 и радиусы их меньше 4 мм, то силы светового взаимного отталкивания, обусловленные собственным лучеиспусканием, будут больше их гравитационного притяжения друг к другу.

Этих фактов оказалось достаточно, чтобы Лебедев уверился в существовании сил светового давления. Однако, несмотря на колоссальные трудности эксперимен-

²⁰ Ann. d. Phys., 1892, Bd. 45, S. 292—297; Phil. Mag., 1892, v. 33, p. 391—395.

тального измерения этих сил, Лебедев счел необходимым осуществить его с целью выяснения определенного влияния поглотительных и отражательных свойств поверхностей на величину проявляющихся в этом случае сил светового давления лучей разных цветов при разных химических и физических свойствах поверхностей. Анализируя пути преодоления уже известных трудностей, Лебедев пришел к выводу, что наиболее надежный из них — получение высокого вакуума в измерительном сосуде. Он уже имел опыт работы с вакуумной техникой того времени и знал путь получения более совершенного вакуума. Именно это и вселило в него веру в успех решения этой проблемы физики.

Эксперименты, поразившие научный мир. Трудно назвать имя ученого конца XIX в., который, зная уже предысторию решения проблемы со световым давлением, был бы уверен в возможности прямого экспериментального измерения этих удивительных сил природы. Так, киевский физик Н. Н. Шиллер, узнав, что П. Н. Лебедев взялся за решение этой проблемы, писал А. Г. Столетову: «Не могу симпатизировать увлечению Петра Николаевича электрическими молекулами и световым давлением. Эту мысль я развивал ему в пространном письме, не знаю только, насколько вышло убедительно»²¹.

В те времена проявление такого скептицизма было закономерным. Возможно, именно это подталкивало Лебедева и усиливало его желание добиться успеха, тем более что путь к победе ему казался ясным, хотя он еще не был уверен полностью в том, что удастся получить высокий вакуум с помощью сконструированного им ртутного насоса.

«Чем ближе я к решительному моменту, — писал Лебедев 12 ноября 1895 г., — тем более я начинаю походить на Гамлета: хожу грустным по лаборатории и все чаще и чаще посматриваю на ртутный насос с затаенным сомнением: «Быть или не быть?» Но у меня есть то преимущество перед Гамлетом, что я знаю выход из этого, по-видимому, безвыходного положения: закрыть глаза, размахнуть руками — и, вытянув указательные пальцы, поступить по известному правилу»²².

²¹ Архив МГУ, д. 721.

²² Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 566.

Лебедев начал совершенствовать метод получения высокого вакуума, в основу которого было положено действие ртутного насоса и явление диффузии. Но самым замечательным оказался никем еще не использовавшийся ранее заключительный процесс — «вымораживание» незначительного количества паров ртути в измерительном сосуде.

Постепенно, но все более решительно Лебедев приближался к этому эксперименту. К весне 1899 г. ему удалось получить вакуум в 0,0001 мм рт. ст., тогда как Крукс достиг лишь 0,01 мм рт. ст. В таком вакууме Лебедев впервые обнаружил действие сил светового давления, и в мае 1899 г., будучи на лечении за границей, он сделал швейцарской научной общественности сообщение о своем успехе.

Эти предварительные опыты Лебедев описывал так: «Желаю обнаружить на опыте Максвелл—Бартолиевы силы светового давления, я воспользовался расположением Риги в таком виде: между двумя кружками, вырезанными из тонкого листового никеля, была зажата согнутая в виде цилиндра слюдяная пластинка. Цилиндр служил телом радиометра; внутри его находилось неподвижно скрепленное с ним крылышко. Этот радиометр был подвешен на стеклянной нити внутри эвакуированного стеклянного баллона. Когда я направил на крылышко свет дуговой лампы, я постоянно наблюдал отклонения, которые были одного порядка с теми, которые вычисляются по Максвеллу — Бартоли»²³.

Эти скупые слова не позволяют достойно оценить колоссальные экспериментально-технические трудности, с которыми он столкнулся. В этом лаконичном отчете Лебедев лишь указал на использованный им прием, позволивший значительно компенсировать действие радиометрических сил, специально исследованных в 1877 г. А. Шустером и А. Риги. При этом оказалось, что измерение абсолютной величины светового давления в этом случае сильно затруднено.

Поэтому Лебедев оставил этот метод и перешел к указанному Максвеллом методу. Но метод Максвелла труден из-за непосредственно действующих конвекционных и радиометрических сил. Конвекционные силы Лебедев

²³ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 190.

исключил следующим оригинальным способом. Поскольку эти силы образуются от восходящих потоков паров ртути и молекул воздуха в баллоне, то при наклонном положении плоскости крылышек они будут накладываться на силы светового давления, если действие луча света совпадает с действием конвекционных сил, и вычитаться, если действие луча противоположно действию сил конвекции. Поэтому, измеряя отклонения давилного прибора в двух этих случаях, можно полностью исключить конвекционные силы. В самом деле, пусть в первом случае отклонение прибора обуславливается силой $F_1 = F_{с.л.} + F_{кон} + F_{рад.}$, а во втором $F_2 = F_{с.л.} - F_{кон} + F_{рад.}$. Складывая и деля пополам, получим $F = F_{с.л.} + F_{рад.}$

Радиометрические силы были сведены до минимума, во-первых, тем, что был взят весьма большой стеклянный баллон и с помощью специальных светофильтров исключены те лучи, которые могли бы поглощаться стенками баллона и вызывать конвективные потоки; во-вторых, крылышки делались из весьма тонкого материала, так что разница температур обеих сторон была незначительной; в-третьих, разрежение было доведено до рекордно достижимого тогда вакуума.

Метод получения высокого вакуума, разработанный Лебедевым, оказался гениальным предвидением грядущих путей развития вакуумной техники, без которой невозможно было бы осуществить ни опыты по световому давлению, ни все известные теперь эксперименты, позволявшие установить важнейшие закономерности в физике.

Лебедев применил известный тогда автоматический насос Кальбаума с собственными усовершенствованиями²⁴. Давление измерялось промером Мак-Леода—Кальбаума, впервые описанным этими авторами в 1895 г.²⁵ (в 1890 г. в Берлине Лебедев уже использовал этот метод при исследовании «прозрачности» тонких металлических слоев). Но самыми существенными и никем не применявшимися для получения высокого вакуума являлись лебедевские методы диффузии и «вымораживания».

Суть этих методов теперь хорошо известна: в форвакуум вводятся специально подогретые пары ртути, которые при форвакуумной откачке диффузно увлекают за со-

²⁴ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 197.

²⁵ *Zs. f. Instr.*, 1895, v. 15, p. 192.

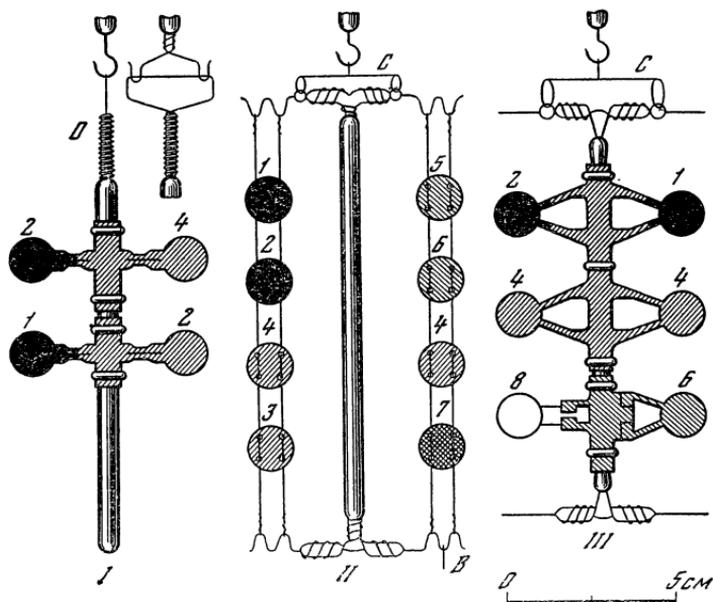


Рис. 18. Приборы с разными крылышками для измерения светового давления на твердые тела

1, 2 — кружки из тонких листов платины, покрытых платиновой чернью; 3, 4 — платиновые кружки с зеркальными поверхностями; 5, 6 — кружки из тонких листов алюминия; 7, 8 — кружки из тонких листов никеля и слюды

бой оставшиеся молекулы воздуха. При длительной откачке такой смеси в сосуде остаются преимущественно пары ртути, которые легко «выморозить» с помощью специальных приспособлений с жидким азотом. Лебедев «вымораживал» ртуть охлаждающей смесью из льда и соли и достигал значительной степени разрежения. Заметим, что современные методы получения вакуума позволяют полностью и без дополнительных устройств избавиться от всех помех при измерении светового давления.

Примененный Лебедевым способ получения вакуума был еще несовершенен, ученому пришлось немало потрудиться и приложить свои инженерно-конструкторские способности, чтобы получить возможность выделить световое давление в чистом виде. Помимо подбора наиболее оптимальных форм и размеров крылышек, а также их поглощательных и отражательных свойств необходим был

точный выбор их веса: крылышки должны обладать высокой «чувствительностью» при данном крутильном моменте кварцевой нити, на которой они подвешивались (рис. 18).

Для наиболее точного измерения величины светового давления, что, собственно, и было главным условием эксперимента, поскольку только совпадение этой величины с теоретической являлось критерием «чистоты» эксперимента, Лебедев тщательно измерил все физические характеристики прибора и используемого света: коэффициенты поглощения и отражения, энергию света (вернее, интенсивность света), падающего на данную поверхность, и другие характеристики. Высокая точность измерения требовалась и для обнаружения существования побочных сил светового давления, не учитываемых теориями Максвелла и Бартоли.

Измеренная таким образом сила светового давления оказалась равной 0,0000258 дин. Систематические и случайные ошибки не превышали $\pm 20\%$ от полученного результата. Сравнивая этот результат с теоретическим, Лебедев мог еще решительнее заявить, что «существование Максвелл—Бартолиевых сил давления опытным путем установлено для лучей света» (рис. 19)²⁶.

В августе 1901 г. Лебедев опубликовал полностью отчет об этих выдающихся в истории физики экспериментах. Отныне всякий, кто сам пытался добиться такого успеха и кто вообще был убежден в иллюзорности представлений о световом давлении, уже не сомневался в их надежности.

Естественно, что, поборов, казалось бы, принципиальные трудности, Лебедев мог братья за решение более сложной задачи. В принципе уже тогда можно было быть уверенным в наличии светового давления на газы, тем не менее существовавшие в те времена представления о механизме действия волн на такие объекты были еще весьма неоднозначными. Так, С. Аррениус был уверен, что световое давление на отдельные молекулы отсутствует: по его мнению, световые волны большой длины не могли якобы оказывать пондеромоторного действия на такие маленькие объекты, как молекулы.

Это мнение поддерживал и немецкий астроном К. Шварцшильд, занимавшийся анализом действительной

²⁶ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 210.

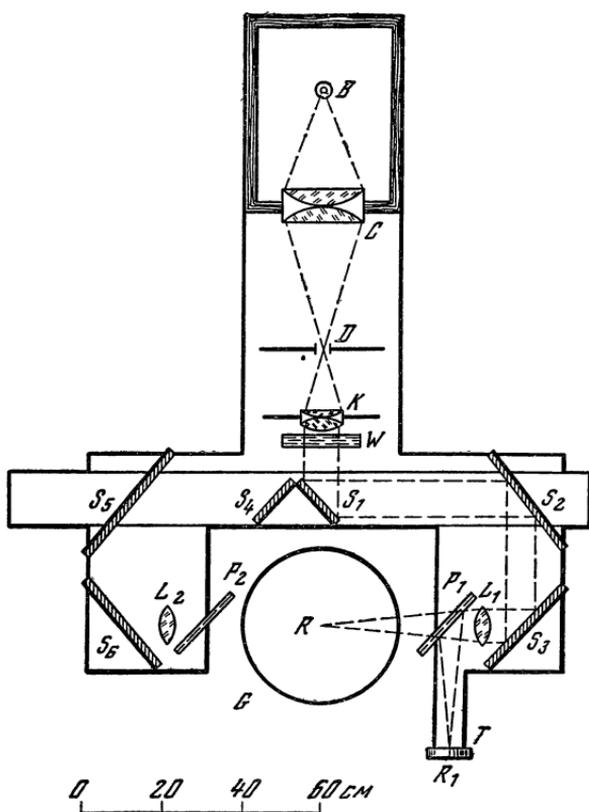


Рис. 19. Схема экспериментальной установки для измерения светового давления на твердые тела

B — изображение кратера угля дуговой лампы, *C* — конденсор, *D* — металлическая диафрагма, *K* — коллиматор, *W* — стеклянная ванночка с чистой водой, *S* — зеркала, *L* — линзы, *R*, *R*₁ — изображения диафрагмы, *T* — термобатарея

роли светового давления на образование газовых хвостов комет. Он рассчитал величину давления света на проводящие шарики малых размеров и установил, что при размерах шариков, соизмеримых с длиной волны света, давление света на них незначительно и становится совсем ничтожным при еще меньших размерах шариков.

В отличие от этих ученых Лебедев, уже исследовавший экспериментально и теоретически механизм пондеромоторного действия «волновых» полей на соответствующую

щие резонаторы, был уверен в существовании светового давления и на отдельные молекулы газа.

В августе 1902 г. на съезде Немецкого астрономического общества, состоявшемся в Гёттингене, П. Н. Лебедев сделал доклад, в котором изложил доказательство существования сил светового давления и на молекулы газа²⁷. При этом он обратил внимание на значительную роль этих сил в образовании хвостов комет. Шварцшильд, опираясь на специальные расчеты, возразил против этой точки зрения. Парируя доводы оппонента, Лебедев обратил внимание на существенную ошибку Шварцшильда, который не учел в своих расчетах «биографию» молекул и того, что рассчитанный им самим максимум давления соответствует резонансному эффекту. Лебедев подчеркивал, что учет «биографии» молекул непременно будет приводить к иному результату: величина светового давления на такие объекты зависит не от их размеров, а от собственных частот внутримолекулярных электромагнитных колебаний.

Казалось, доводы Лебедева неотразимы и для прямого доказательства роли лучеиспускания во взаимодействии молекул нет необходимости ставить соответствующие эксперименты. Сам же Лебедев, хотя и был уверен в безупречности своих представлений, все же считал необходимым прямое экспериментальное исследование этой проблемы. И вот почему: роль лучеиспускания и лучепоглощения во взаимодействии была уже несомненна, но вопрос о том, какое направление пондеромоторного действия светового поля на одинаковые молекулы будет превалировать, отталкивающее (световое давление) или притягательное, нуждался в дополнительном исследовании. Правда, Лебедев и его ученики доказали, что при действии «плоской волны» всегда должен проявляться отталкивающий эффект. Однако «биографии» молекул были ученому мало известны, и он не мог с полной уверенностью сказать, что строения молекул, их специфические свойства не внесут коррективов в уже известное. Чтобы рассеять сомнения на этот счет, необходим был прямой эксперимент, в который поверили бы все, ибо эта вера — залог дальнейшего успешного решения вопросов и физики, и астрофизики.

²⁷ Astronom. Jahresber., 1902, Bd. 4, S. 207.

По записям в дневнике Лебедева установлено, что впервые он осуществил пробные эксперименты по данной проблеме в октябре—ноябре 1902 г., получив, как ему казалось, обнадеживающие результаты²⁸. Однако более глубокий анализ совокупности физических процессов рассеял его первоначальные впечатления. Лебедев обнаружил значительные по величине помехи, не устранимые технически, так называемые пертурбирующие силы, возникающие вследствие неравномерного нагрева лучами света всей толщи газа. Само собой разумеется, такие помехи не позволяли обнаружить не только ожидаемые более глубокие закономерности этого вида взаимодействия, но и сам эффект. Лебедев был готов отказаться от попыток устранения значительного влияния этих помех.

Весной 1907 г. по дороге в Швейцарию, куда он ехал отдыхать, Лебедев остановился в Гейдельберге. Он часто бывал в этом городе и раньше: здесь проживал специалист по сердечным болезням профессор Эрб, у которого Лебедев намеревался проконсультироваться. Заодно он посетил астрофизика М. Вольфа, работавшего в обсерватории на горе Кёнигштуль. Вольф очень заинтересовался экспериментами Лебедева по световому давлению на газы и убеждал его в крайней необходимости решить эту проблему. Он сообщил Лебедеву, что в среде астрофизиков имеются идейные разногласия относительно роли давления света на молекулы газа. Наговорив Лебедеву кучу лестных комплиментов, Вольф заверил его в том, что только прямые экспериментальные исследования помогут астрофизикам развивать дальше теорию комет и строения звезд.

Эта беседа произвела на Лебедева столь сильное впечатление, что, возвращаясь в город, он только и думал о путях преодоления известных ему трудностей эксперимента. При этом у него возникли такие идеи:

выяснить влияние формы и вертикального размера поршневого прибора на величину пертурбирующих сил;

попытаться использовать такие газы, которые обладают наибольшей теплопроводностью и не создают больших перепадов температур, а значит и давлений.

²⁸ Сердюков А. Р. Роль П. Н. Лебедева и его школы в организации и развитии отечественной физики. Дис. на соискание учен. степени канд. физ. наук. М., 1953 (МГУ).

Эти идеи так увлекли Лебедева, что он забыл об отдыхе и на следующий же день выехал обратно в Москву.

Все лето и осень Лебедев был занят подготовкой новой серии экспериментов. Было испытано более 20 вариантов аппаратов, и, наконец, был найден такой, который наиболее удовлетворял условиям эксперимента. Оказалось, что благоприятные результаты получаются при следующих параметрах поршневого прибора: газовое пространство с размером 3 мм×4 мм, диаметр поршня — около 3 мм, длина поршня — 4 мм, его вес — менее 0,03 г. Были преодолены и две основные трудности точного измерения величины светового давления:

1. Поскольку в толще газа свет поглощается избирательно, так как передние слои его служат светофильтром для задних, и давление света зависит лишь от количества поглощенной газом энергии света (гипотеза Фитцджеральда), то в этой толще возникает неоднородность плотности газа — основная причина образования конвекционных потоков, воздействующих на поршневой прибор.

2. Невозможно точно измерить давление света по формуле Фитцджеральда $P = \alpha E / C$ (α — коэффициент поглощения, C — скорость распространения света), так как это соотношение справедливо только для строго параллельного пучка лучей, а в эксперименте пришлось применять конусообразный пучок, обеспечивающий необходимую энергию света, пронизывающего газ (рис. 20).

Чтобы уменьшить систематические ошибки, обусловленные первой трудностью, Лебедев сначала делал промеры с разными наклонами прибора, а затем направлял свет на толщу газа то в одном, то в обратном направлении. Правда, при смене направления луча на систематических ошибках сказывались лишь изменения знака возмущающих сил, на величину же отклонения поршневого прибора влиял наклон прибора не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении. Лебедев, исследовав эти особенности, нашел интересный способ уменьшения этих помех: он вводил в газовую систему металлическую гребенку, покрытую платиновой чернью, и тем самым увеличивал неравномерность нагрева, что и регистрировалось отклонением поршневого прибора. С помощью графика, построенного по полученным данным, определялась систематическая ошибка, обусловленная этой главной помехой. Ошибки же, обусловленные второй по-

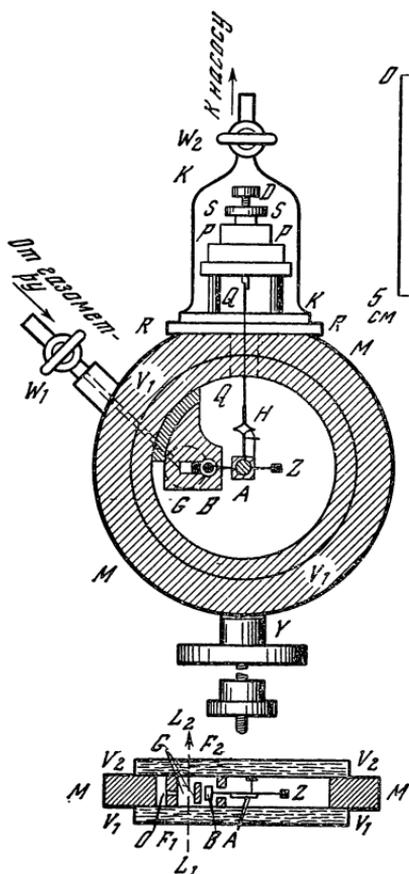


Рис. 20. Схема экспериментальной установки для измерения светового давления на газы

- G — исследуемый газ, наполненный в полость сосуда;
 B — поршень, укрепленный к коромыслу T;
 Z — противовес с зеркальцем для отсчетов;
 H — крючок для кварцевой нити Q, на которой подвешено зеркальце;
 F₁, F₂ — окна из флюорита;
 L₁, L₂ — пучок света, пронизывающего исследуемый газ и не попадающего на стенки сосуда

мехой, Лебедев мог оценить лишь приблизительно. Поэтому подсчет абсолютной величины светового давления по формуле Фитцджеральда не был точным. При этом оказалось, что ошибки бывают наименьшими при использовании газов, содержащих водород. Лебедев брал метан (CH₄), этилен (C₂H₄), ацетилен (C₂H₂), пропан (C₃H₈) и нормальный бутан (C₄H₁₀). Последние два рода газов приготовил Лебедеву его ближайший друг профессор Н. Д. Зелинский.

Тщательный анализ ошибок позволил Лебедеву сделать следующие заключения:

«1. Существование давления света на газы установлено опытным путем.

2. Величины этого давления прямо пропорциональны энергии пучка света и коэффициенту поглощения.

3. В пределах ошибок наблюдений и вычислений соотношение, указанное Фитцджеральдом, количественно удовлетворяет наблюдениям»²⁹.

Ученые мира об успехах Лебедева. Нильс Бор справедливо подчеркивал, что «нельзя проводить грань между большим и малым, ибо и то и другое одинаково важно для единого целого»³⁰. Однако в каждом «едином целом» присутствует фундаментальное и побочное, предвещающее и его частности, при этом фундаментальное составляет золотой фонд науки, тогда как частное и побочное, сыграв определенную роль в формировании «единого целого», со временем может утратить свое значение и в лучшем случае предстать в ходе развития науки уже не как самостоятельная ценность, а лишь как исторически интересный факт.

Творческие победы П. Н. Лебедева, созрев исторически, предстали в виде поворотной вехи дальнейшего развития не только физики, но и астрофизики. При этом те частности или побочные детали, которые проложили путь к этой победе, являли собой исторические ценности, обогатившие объем человеческих знаний и открывшие грядущие пути к новому. К числу этих частных отношений прежде всего методы вакуумной техники.

Труды П. Н. Лебедева сыграли решающую роль в становлении представления о свете как электромагнитном виде материи, в представлениях о той роли светового давления в космических процессах, без которой астрофизика еще долго отставала бы в своем развитии.

Ученый добился успехов в годы, когда представления о природе света еще не претерпели революционных изменений и была еще не оценена роль этих удивительных механических свойств света для дальнейшего развития науки.

Поистине прав был А. М. Ампер, когда подчеркивал, что истинное счастье испытывают лишь те творцы науки, которые развивают ее в годы, когда она еще не завершена, но когда в ней уже назрел решающий переворот³¹. А. М. Бутлеров подчеркивал: «Люди, обогатившие народ

²⁹ *Лебедев П. Н. Собр. соч.*, с. 321.

³⁰ *Бор Нильс. Жизнь и творчество.* М., 1967, с. 222.

³¹ *Белькинд Л. Д. А. М. Ампер.* М., 1968, с. 154.

не одними фактами, но и общими принципами, люди, движущие вперед научное сознание, т. е. содействовавшие успеху мысли всего человечества, должны быть поставлены — и становятся обыкновенно — выше тех, которые занимались исключительно разработкой фактов»³².

Именно потому роль П. Н. Лебедева в упрочении славы его времени и родины велика, что решение проблемы светового давления, двинув вперед научное сознание, способствовало успеху мысли всего человечества. Об этом писал один из создателей современной теории относительности, Г. А. Лорентц, указывая на то, что Лебедев был одним из первых и лучших физиков того времени³³.

Интересно проследить на конкретных примерах, в какой мере и в каких случаях эти успехи П. Н. Лебедева оказали влияние на прогресс науки последующего времени.

Как известно, для большинства физиков конца XIX в. и тем более для ученых других областей знания представления об электромагнитной природе света и особенно о световом давлении носили лишь гипотетический характер. Поэтому любые результаты теоретических исследований, в основе которых лежали эти представления, не подтвержденные экспериментально, не могли серьезно влиять на научное сознание ученых, и было рискованно выставлять эти результаты в качестве безупречного доказательства в познании истины.

Тем не менее в истории физики такие случаи бывали. Так, русский физик А. И. Садовский безупречно доказал теоретически существование вращательного действия плоскополяризованного луча света на кристаллические объекты. Оказалось, что величина вращательного момента выражается соотношением

$$M_d = 1/4 \left(\frac{1}{1/\lambda_1 - 1/\lambda_2} \right) E_{ox} E_{oy} (\epsilon_1 - \epsilon_2) \sin 2\pi \left(\frac{d}{\lambda_1} - \frac{d}{\lambda_2} \right),$$

где E — напряженность электрического поля; λ — длина волны света; d — толщина анизотропного кристалла; ϵ — диэлектрическая проницаемость кристаллического вещества.

³² Гумилевский Л. И. А. М. Бутлеров. М., 1951, с. 27—288.

³³ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 606.

Эта теория указывала не только на существование вращательного действия света на анизотропные кристаллы, но и на способность этих веществ преобразовывать плоскополяризованный свет в эллиптически поляризованный. Сам же процесс сопровождается механическим вращением кристалла. Иначе говоря, Садовский теоретически установил закон симметричного взаимодействия света и кристалла. Однако представленная им в 1899 г. в качестве диссертации работа была отклонена на том основании, что попытки экспериментально установить этот закон механического действия света на кристаллы были безуспешны: ни сам Садовский, ни итальянский физик А. Риги (1898) не смогли экспериментально обнаружить этот интересный эффект. Но если бы световое давление было экспериментально подтверждено и был установлен один из видов механического свойства света, эффект Садовского мог бы быть признан.

Лишь спустя 30 лет американский исследователь Ричард Бэт, используя метод Лебедева по измерению светового давления и высказанную С. И. Вавиловым идею резонансного (прерывного) действия пучка света на кристалл, впервые экспериментально подтвердил теорию Садовского³⁴.

Эксперименты Лебедева по световому давлению на твердые тела и газы дали толчок дальнейшему прогрессу научной мысли, начались работы в области механических свойств частиц световой материи, названных впоследствии фотонами. Так, С. И. Покровский³⁵, Д. Г. Пойнтинг³⁶, К. Н. Шапошников³⁷ и многие другие начали исследования вопроса о вращательном моменте фотонов, которое впоследствии прочно вошло в физику элементарных частиц.

К числу других примеров влияния успехов Лебедева на научный прогресс относятся непосредственные применения представления о световом давлении и механическом импульсе света. Был опубликован труд М. Абрагама³⁸, посвященный величине светового давления на движущиеся

³⁴ Природа, 1935, № 9, с. 72; Изв. АН СССР, 1936, № 1-2, с. 250.

³⁵ ЖРФХО, 1911, т. 43, вып. 9, с. 499—508.

³⁶ Proc. of the RSA, 1910, v. 83, p. 534.

³⁷ Phys. Zs., 1914, v. 15, p. 454.

³⁸ Ann. d. Phys., 1904, Bd. 14, S. 236—287.

тела в поле светового луча. Этот ученый нашел выражение для релятивистской величины светового давления

$$P = P_0 \frac{C + V}{C - V},$$

где P_0 — инвариантная величина светового давления; C — скорость распространения света; V — скорость поступательного перемещения тел.

Отталкиваясь от этих расчетов, русский физик В. А. Михельсон³⁹ уверенно взялся за расчет предсказанного Г. Пизеном и Д. Пойнтингом так называемого светового трения, возникающего при взаимодействии движущихся тел с полем светового луча, и нашел величину этого трения

$$T = 2P_0 \frac{V}{C}.$$

Опыты Лебедева по световому давлению на молекулы газа впервые оригинальным образом повторил известный немецкий физик О. Штерн (1920), хотя с другой целью. В эксперименте Штерна создавался молекулярный пучок от раскаленной электрическим током платиновой проволоки, помещенной в сосуд с высоким вакуумом. Для этого на платиновую проволоку предварительно наносился электрическим способом слой серебра, молекулы которого эмитировались при высокой температуре и выделялись в виде пучка с помощью узкой щели. Когда же на этот пучок молекул перпендикулярно его распространению направлялся луч света, то на экране получалась размытая полоска, размер которой зависел от яркости луча света и от направления его действия. Это механическое свойство света на молекулы было использовано Штерном и Герлахом для экспериментального доказательства существования магнитного момента атомов (1922).

До экспериментального установления существования светового давления неясными оставались многие вопросы. Например, неизвестным было внутреннее физическое основание интегрального закона излучения: почему интегральная плотность излучения абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры? Лишь впоследствии было установлено, что четвер-

³⁹ Труды АН СССР, 1959, т. 28, с. 59.

тая степень выступает за счет существования светового давления. В самом деле, Больцман показал, что объемная плотность энергии излучения связана со световым давлением:

$$W + P = T \frac{\partial P}{\partial T}.$$

Учитывая, что $P = 1/3 W$, после подстановки и интегрирования получается выражение закона интегрального излучения абсолютно черного тела

$$W = \sigma T^4,$$

где σ — постоянная Стефана—Больцмана.

Не было ясным и внутреннее физическое основание, например связи массы с энергией, установленной еще во второй половине XIX в. Ф. Газенэрлем и К. Мозенгейлем на базе предположения о существовании светового давления на ускоренно движущиеся тела. Эта же связь получила свое подтверждение и в специальной теории относительности, она выражается теперь хорошо известным соотношением

$$E = mC^2,$$

где E — энергия света; m — масса света; C — скорость распространения света.

Весьма примечателен тот факт, что признание существования массы света обязано в конечном счете достижениям Лебедева. Свет предстал, наконец, как особый вид материи, обладающий таким фундаментальным свойством, как масса.

Вслед за этим успехом пришло сознание того, что и элементарные частицы света (фотоны) обладают массами, величина которых определяется соотношениями

$$m_{\phi} = \frac{E_{\phi}}{C^2} = \frac{h\nu}{C^2},$$

где h — постоянная Планка; ν — частота света.

Успехи исследований П. Н. Лебедева по световому давлению и на газы вызвали известный переворот научной мысли в области астрофизики, а также в представлениях о процессах, протекающих в кометах, звездах и галактиках. Они дали толчок развитию зачаточной теории звезд, базировавшейся на равновесном действии двух сил при-

роды — сил гравитации и термодинамического давления внутризвездной материи.

Впервые световое давление на газы применил в развитии этой теории киевский физик Ч. П. Бялобржеский⁴⁰. Он получил уравнение равновесного состояния так называемой стандартной модели звезды, которое до сих пор является основным в теории строения звезд. На частных решениях этого дифференциального вида уравнения Бялобржеский показал, что, например, силы светового давления в центре звезды, размер и масса которой сравнимы с Солнцем, в 6 раз превышают термодинамические силы давления, а для больших масс и размеров давление фотонного газа становится решающим в состоянии равновесия таких космических систем⁴¹.

К сожалению, американский физик Р. Вуд ошибочно приписал в изданном курсе «Оптика» экспериментальное открытие светового давления своим соотечественникам Э. Ф. Никольсу и Дж. Ф. Хеллю. В этой связи полезно изложить здесь факты об экспериментах этих физиков.

Впервые Никольс, сотрудник Уайлдеровской лаборатории Дартмутского колледжа Ганновера, заинтересовался проблемой экспериментального исследования светового давления в 1896 г., т. е. когда встретился в Берлине с Лебедевым и узнал о планах последнего. 3 октября 1901 г., почти спустя два года после опубликования Лебедевым решения этой проблемы. Никольс совместно с Хеллем пригласили Лебедеву письмо, в котором сообщали о своих работах. «Наши предварительные результаты, — констатировали они, — как Вы увидите, мало отличаются от Ваших; выражаясь Вашим языком, мы получили давления, равные 0,8 единиц Максвелла — Бартоли. Мы были живо заинтересованы Вашей статьей и счастливы видеть, что наши первые результаты столь хорошо подтверждаются Вашим методом, вполне отличным от нашего»⁴².

П. Н. Лебедев поступил великодушно по отношению к своим «соперникам», претендовавшим на первенство в важнейшей в истории науки победе. Он видел явные погрешности их опытов, но указал, что они побочно под-

⁴⁰ Сердюков А. Р. Первая теория звезд, основанная на учете светового давления. — Тр. Межвуз. конф. по истории физ.-мат. наук. М., 1960, с. 178 (МГУ).

⁴¹ ЖРФХО, 1914, т. 10, вып. 3, с. 137.

⁴² Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 582.

тверждают существование светового давления⁴³. По мнению Лебедева, одной такой погрешностью является то, что Никольс и Хелль «эмпирически определили для своего прибора то разрежение, при котором стационарные отклонения крыла близки к тому, которые следуют из теории Максвелла — Бартоли, и поэтому радиометрические силы практически равны нулю»⁴⁴. Иначе говоря, в их опытах уже допускалось существование Максвелл—Бартолиевых сил светового давления, и, опираясь на это гипотетическое допущение, Никольс и Хелль предпочли допустить другую гипотезу — о той степени разрежения, при которой световое давление выступает в качестве основной причины стабильных показаний прибора.

Быть может, на эти неточности в дальнейшем никто и не обратил бы особого внимания, если бы не искажение исторической действительности, допущенное Р. Вудом. Против этой исторической несправедливости впервые выступил В. Герлах, заявив в 1923 г., что опыты Никольса и Хелля убедительны лишь постольку, поскольку они согласуются с нашей уверенностью, что световое давление существует, а величина его соответствует предсказанию Максвелла.

Возникшая тогда полемика о приоритете и методологической стороне эксперимента потребовала повторить опыты Никольса и Хелля. Эту задачу выполнили в 1923—1924 гг. А. Гользен и В. Герлах: они доказали полную обоснованность критики метода Никольса и Хелля. Этой полемикой заинтересовался и Г. Кастелица⁴⁵, который, проанализировав все известные к тому времени методы экспериментального измерения сил светового давления, еще раз показал, что метод Лебедева — единственно надежный, не требующий дополнительных гипотез.

Можно вспомнить и об иных исторических курьезах, связанных с научной сенсацией открытия светового давления. Так, одна бульварная газета во Франции сообщала, что силы светового давления лучей Солнца оказывают наилучшее массирующее действие на человеческое тело, и, чем южнее лучи Солнца, тем массаж эффективнее; узнав о такой «сенсации», П. Н. Лебедев шутя заметил, что ис-

⁴³ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 243, 254, 255.

⁴⁴ Там же, с. 255.

⁴⁵ *Zs. f. Phys.*, 1935, Bd. 94. S. 662—688.

тинная популярность научного открытия начинается тогда, когда слава о нем распространяется за пределы специалистов и дебатировается в среде профанов.

Со временем представление о световом давлении заинтересовало не только физиков, но и представителей других наук, а также инженеров. Еще при жизни П. Н. Лебедева, например, С. Аррениус обсуждал идею возможной роли светового давления в перенесении через колоссальное космическое пространство животворных клеток от одной цивилизации к другим, от одних объектов, находящихся в благоприятных условиях, к другим. При этом предполагалось, что, попадая на объекты с благоприятными условиями, эти клетки могут давать начало жизни иным существам.

Во второй половине XX в. распространялись идеи о том, что с помощью ядерных реакторов можно создавать такие потоки фотонов, которые могут служить двигательной силой в космических полетах на любые расстояния. При этом с их помощью можно придать космическим кораблям огромные скорости и тем самым за сравнительно короткие промежутки времени покрыть расстояния от одной звезды до другой. На световом давлении лучей Солнца и более крупных звезд обосновывается идея создания нового типа космических кораблей. Войдя в более плотные слои светового поля таких светил, космический корабль может получить в направлении светового потока импульс, достаточный для перелетов от одного космического светила до другого.

В современной физике световое давление стало применяться для решения задач, относящихся к методам ускорения частиц и разделения изотопов. Например, в мощных лазерных пучках света силы светового давления фотонов на резонансную частицу могут быть очень большими. Эти силы могут ускорять и нейтральные в электрическом отношении частицы. Разделение же изотопов лазерными фотонами основывается на специфике рассеяния атомов и молекул в резонансном поле света. Эффект рассеяния таких образований в резонансном поле лазерных фотонов оказался значительно больше рассеяния частиц с дипольными электрическими или магнитными моментами в неоднородном электрическом или магнитном поле⁴⁶.

⁴⁶ Казанцев А. П. Резонансное световое давление. — УФН, т. 124, вып. 1, 1978.

Нерешенные проблемы

К числу проблем физики, которые не получили разрешения до наших дней, относятся сущность возникновения электрических свойств материи и физическая обусловленность магнетизма вращающихся массивных космических образований типа Земля и Солнце.

О магнитных свойствах Земли стало известно еще в 590 г. до н. э. Как свидетельствует история, в I в. н. э. китайцы впервые использовали это свойство для определения сторон горизонта. Вполне вероятно, что природу этого свойства пытались распознать и древние ученые. Однако до нас дошли лишь сведения о том, что в XVIII в. М. В. Ломоносов сделал следующее предположение о причине магнетизма нашей планеты: *Земля есть целостный гигантский космический магнит, состоящий из магнитных пород*. И поскольку других гипотез никто не выдвигал, это представление о причине магнетизма Земли сохранилось вплоть до конца XIX в.

К тому времени И. М. Симонов и К. Гаусс осуществили количественное описание магнитного поля нашей планеты. Было установлено, что магнитные полюса Земли смещаются, изменяются и количественные характеристики нормального геомагнетизма. Стал общепризнанным факт, что Земля представляет собой не сплошное твердое образование: лишь ее поверхность находится в затвердевшем состоянии. В XIX в. было распространено представление об электричестве и магнетизме как об особом возбужденном состоянии эфира в телах. Оно служило основанием для объяснения происхождения нормального геомагнетизма. В то время, например, полагали, что магнетизм Земли возникает от электрических токов в земных породах, а сами токи образуются от собственного вращения планеты в мировом эфире.

Впервые Лебедев заинтересовался этой идеей в 1886 г. «Если эфир есть в теле, — записал он в дневнике 20 апреля, — то, вращая диск, на периферии будет скопление положительных зарядов, и в плоскости будет круговой ток». И далее делается заключение, что в таком случае должна иметь место магнитная поляризация диска и что этим способом можно проверить гипотезу о происхождении магнетизма Земли (№ 160/9, 20 апреля 1886 г.). Спустя год Лебедев прослышал об идее опыта Г. Роуланда,

что побудило его вновь вернуться к своей идее с металлическим диском и набросать проект возможного экспериментального подтверждения гипотезы (№ 84, с. 26).

В 1891 г. Лебедев узнал о теоретическом суждении А. Шустера, согласно которому наблюдаемые поведения солнечной короны можно объяснить, признав, что Солнце обладает таким магнитным свойством, которое непосредственно обусловлено собственным вращением. И лишь когда Д. Гильберт опубликовал (1902) отчет о безуспешных опытах по проверке идеи Г. Роуланда, Лебедев вновь взялся за анализ всех фактов и пришел к выводу, что назрела необходимость экспериментально проверить еще раз гипотезу эфирного происхождения электрического тока.

В 1903 г. он опубликовал результаты видоизмененного им опыта Роуланда—Гильберта⁴⁷. Суть видоизменения заключалась в том, что брались два рода проводников. При этом Лебедев полагал, что ожидаемый эффект возникновения в них тока зависит не только от скорости перемещения их в пространстве, но и от их химического состава. Затем он заменил небольшие лабораторные скорости перемещения проводников значительными, расположив проводники в направлении движения Земли по орбите (30 км/с). Для увеличения ожидаемого эффекта возникновения ЭДС Лебедев брал 500 никелевых и столько же медных проволок длиной 75 см каждая.

И хотя Лебедев нашел хитроумные способы компенсации всех посторонних помех, однако обнаружить таинственный эффект он не смог. Отрицательный результат, конечно, не был следствием несовершенства эксперимента — он свидетельствовал о сомнительности предположений как об эфирном происхождении электрических свойств материи, так и о сущности земного магнетизма.

Можно, конечно, удивляться тому, что П. Н. Лебедев, зная о существовании носителей электрического заряда (об электронах и протонах), продолжал пребывать до конца своей жизни в состоянии «эфирного гипноза», т. е. был убежден, что электрическое свойство тел — это возбужденные состояния эфира в этих телах и что его в конце концов можно будет экспериментально разгадать. Кстати заметим, что Лебедев всегда видел свое призвание

⁴⁷ Ann. d. Phys., 1903, Bd. 11, S. 442—444.

в решении самых трудных в техническом оснащении и сложных в научном отношении проблем физики. К числу таких проблем как раз относились происхождение нормального геомагнетизма, или магнетизма вращающихся массивных космических образований, и проблема происхождения электрических свойств материи.

До сих пор эти проблемы физики не получили полного и достаточно обоснованного разрешения. Правда, современный физик находится в преимущественном положении: он свободен от «эфирного гипноза» и отчетливо видит единственный путь познания происхождения электрических свойств материи — путь познания тех особенностей движения материи, которые присущи ей на уровне субмикромра и которые, как известно, остаются пока загадкой. Именно особенности движения материи являются причинами электрических, магнитных и любых других ее свойств, ибо движение есть первейшее и самое важное природное ее свойство, тогда как другие свойства материи порождаются первейшим.

Давая современную оценку опытам Лебедева по эфирному происхождению электричества, прежде всего заметим, что лебедевский эксперимент 1903 г. — это первый опубликованный его труд с нулевым результатом. Следует, однако, заметить, что «чистые» эксперименты с нулевыми результатами — это тоже определенный вклад в научный прогресс. Например, эксперименты Майкельсона — Морли и Л. Этвеша, которые вошли в науку как определенный позитивный вклад: без экспериментов А. Майкельсона и Э. Морли нельзя было быть уверенным в надежности физической интерпретации релятивистских соотношений, специальной теории относительности, а без опытов Л. Этвеша — в тождестве гравитационной и инерционной масс. Масса предстала как единая величина атрибутивного свойства материи.

Эксперимент Лебедева 1903 г. с нулевым результатом также оказал благотворное влияние на научную мысль, положив начало процессу познания физической сущности электричества; этот процесс все больше и больше очищался от заблуждения в отношении существования мирового эфира и его роли в происхождении электрических и других свойств материи.

Второй опубликованный в 1911 г. труд Лебедева с нулевым результатом относится к экспериментальному до-

казательству происхождения нормального геомагнетизма. Интересоваться этим вопросом Лебедев начал, как уже отмечалось, еще в юные годы, но вплотную занялся его решением лишь в начале XX в.

Именно тогда У. Сузерленд пропагандировал идею возникновения земного магнетизма на основе электрических диполей, рождающихся в массе Земли под воздействием гравитации, причем электрические моменты диполей должны были устанавливаться по радиусу. В этом случае в поверхностных слоях могут концентрироваться преимущественно отрицательные заряды, а в глубине — положительные. Такое представление соответствовало и тому, что вектор магнитного момента будет направлен против вектора механического момента суточного вращения Земли. Стало известно, что такие же направления векторов магнитного и механического моментов наблюдаются и для Солнца⁴⁸.

В 1908 г. астрофизик Э. Галь по явлению Зеемана в спектральных линиях Фраунгофера обнаружил магнитные свойства темных пятен на Солнце. Оказалось, что происхождение этого магнетизма пятен связано с вихревым движением фотосферы Солнца, вектор механического момента вращения фотосферного вихря и в этом случае противоположен вектору магнитного момента пятен. Анализируя эти факты, П. Н. Лебедев выдвинул свою гипотезу происхождения магнетизма массивных космических образований — гипотезу гравитационно-центробежных сдвигов, полагая, что помимо гравитационного воздействия на перераспределение зарядов в таких вращающихся объектах оказывают действие и центробежные силы. Он же и решил проверить эту гипотезу экспериментально.

Чтобы представить себе, насколько сложен эксперимент как с физической, так и с технической стороны, достаточно сказать, что в лабораторных условиях сам эффект (если вообще он и был бы возможен) столь незначителен, что даже ничтожные внешние помехи (от местных магнитных полей, от местных электрических линий и т. п.) могли оказывать неизмеримо большее влияние на показания приборов, нежели он сам. Но Лебедев

⁴⁸ Теперь известно, что, например, вектор магнитного момента Юпитера также противоположен вектору собственного механического момента, а магнетизм Луны не был обнаружен.

умел избавиться от любых помех. Он остроумно решил ряд технических задач и осуществил эксперимент в чистом виде.

Действие местных магнитных полей он компенсировал оригинальным способом (по схеме Гельмгольца), примененным впоследствии И. В. Курчатовым совместно с А. П. Александровым для размагничивания военных кораблей, в результате чего последние стали нечувствительны к магнитным минам. Конструкции «мины» земного шара и магнитометра, созданные Лебедевым, обеспечили все условия для решения поставленной задачи: ни местные помехи, ни возникающие токи Фуко при вращении всей системы не могли оказывать влияние на показания прибора.

Для опытной проверки гипотезы Сузерленда ученый брал «мини-земной шар» в 10^9 раз меньше Земли, составив его либо из эбонитовых колец, либо из алюминиевых, латунных, водяных и бензоловых колец (рис. 21). Шар располагался таким образом, чтобы ось его вращения оказалась в горизонтальном положении, а ожидаемый эффект возникновения магнитного поля при вращении был способен изменить нулевое магнитное поле около измерительного магнитометра.

По предварительным расчетам, в основе которых лежали предположения гравитационного сдвига зарядов, магнитометр должен был зарегистрировать эффект, выраженный отклонением 120 делений шкалы. Этот эксперимент, осуществленный в 1910 г., дал нулевой результат. Столь чувствительный магнитометр не показывал сколько-нибудь заметных отклонений, превышающих 0,5 деления шкалы.

И даже если допустить, что в основе расчетов лежали слишком грубые предположения, то полученный результат все равно нельзя было расценивать как следствие малой чувствительности экспериментальной установки.

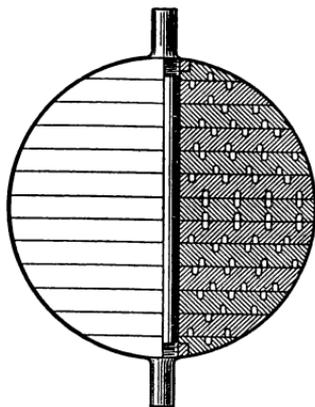


Рис. 21. Мини-земной шар для исследования природы геомагнетизма

Скорее всего он указывал на недостаточную обоснованность самой гипотезы Сузерленда. К такому заключению и пришел Лебедев, заявив, что гипотеза гравитационных сдвигов не может служить единственной основой возникновения магнитных полей в случае солнечных пятен и нормального геомагнетизма⁴⁹.

Отрицательный результат эксперимента побудил Лебедева искать другие обоснования наблюдаемого явления. Ученый решил экспериментально проверить собственную гипотезу — гипотезу центробежных сдвигов зарядов. Он допускал, что при вращении отрицательные заряды должны сдвигаться к периферии, а положительные — к центру вращения. Но такое допущение слишком произвольно: уже тогда было известно, что массы носителей отрицательных зарядов почти в 2 тыс. раз меньше массы наименьшего носителя положительных зарядов. Конечно, можно было допустить, что носителями отрицательных зарядов являются ионы, обладающие большей массой, нежели положительные ионы. Но и такое правдоподобное допущение все же маловероятно.

Наиболее любопытным обоснованием гипотезы Лебедева может служить, например, следующий эффект: при вращении чая в стакане массивные чайники под воздействием гравитации оседают на дно, но закручиваются и концентрируются в центре вращения. Однако создать в лабораторных условиях систему, состоящую из свободно перемещающихся легких отрицательных частиц и тяжелых положительных, в те времена было невозможно.

Лебедев мог экспериментально проверить свою гипотезу лишь на простейших системах, которые он конструировал из эбонита, латуни, воды и бензола. События в Московском университете в начале 1911 г. заставили Лебедева ограничиться исследованием этой гипотезы на модельно-экваториальной части шара (а не на «мини» земном шаре). Для этого брались кольцевые системы из эбонита, латуни, воды и бензола и имитирующие их электрические модели. Между исследуемым кольцом и его проволочной моделью определенным образом устанавливался магнитометр, разность показаний которого от вращающегося кольца и от проволочной модели должна

⁴⁹ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 334.

указывать на наблюдаемый эффект. Однако эффект не был обнаружен.

Лебедев расценил неудачу следующим образом: как гипотеза Сузерленда, так и гипотеза центробежных сдвигов «...оказались не выдерживающими прямой опытной проверки. Указанными двумя гипотезами далеко еще не исчерпывается возможная связь движения материи с образованием магнитных полей... Другие гипотезы, которые могут быть сделаны относительно этой связи и которые достаточны для объяснения магнитных сил очень больших двигающихся масс, заставляют ожидать, что при условиях и размерах описанных выше опытов могут возникать только очень слабые магнитные поля, которые не могут быть обнаружены магнитометрически»⁵⁰.

Как видим, Лебедев все же надеялся подтвердить не только данные гипотезы, но и возможно более совершенные, новые идеи, однако для этого нужны были более чувствительные экспериментальные установки. Эту надежду ученого приняли как эстафету последующие исследователи. К их числу прежде всего следует отнести Панекука⁵¹ и Росселанда⁵².

Спустя 12—13 лет после Лебедева они произвели новые расчеты конвекционного разделения зарядов при почти полной ионизованности материи, подверженной действию сильного гравитационного поля. Заметим, что в то время уже было известно и о четвертом состоянии материи, называемом теперь плазменным, и о том, что магнитное свойство тел зависит не только от температурного его состояния, но и от давления (с давлением точка Кюри повышается до определенного уровня), а земная кора состоит из парамагнитных веществ, в которых содержится весьма небольшое количество ферромагнитных металлов, лишь локально искажающих геометрию нормального геомагнетизма.

Расчеты упомянутых авторов привели к следующему результату: плотность заряда, вызванная стремлением электронов двигаться в областях с более высоким гравитационным потенциалом, равна

$$\sigma_e = g\rho \frac{m}{e},$$

⁵⁰ Там же.

⁵¹ Bull. Act. Netherlandes, 1922, N 19.

⁵² Mon. Not. Roy. Art. Soc., 1924, v. 90 (40).

где m/e — отношение массы электрона к его заряду; g — ускорение гравитации; ρ — плотность плазмы.

Почти одновременно с этими авторами Г. А. Вильсон⁵³ указал на интересный факт: правильный порядок величин магнитных полей Земли и Солнца получается тогда, когда массы измеряются в гравитационных единицах того поля, которое вызвало магнитный эффект, а элементарный заряд — в электростатических единицах. Например, если массу измерять в гравитационных единицах, то ее следует определять по соотношению

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2};$$

если же массу измерять в граммах, то ее величину следует находить из соотношения

$$F = \gamma \frac{M_1 M_2}{r^2}.$$

Следовательно, соотношение между величинами масс в этих единицах будет $m = \gamma^{1/2} M$, отсюда можно подсчитать гравитационную массу.

По аналогии с законом Био—Савара—Лапласа этот автор предложил вести расчет напряженности магнитного поля по соотношению

$$H = - \frac{m}{Cr^3} [vr].$$

Но это предложение вызывает сомнения: оно указывает на то, что, скажем, летящий в направлении географических параллелей со скоростью вращения Земли наблюдатель не должен замечать магнитного поля Земли, тогда как в действительности такой наблюдатель не будет замечать существенного изменения земного магнетизма.

В 1923 г., спустя пять лет после вспыхнувшего вновь интереса к данной проблеме, Суонн и Лонгейк⁵⁴ повторили опыты Лебедева — правда, с несколько уточненными предположениями — и также получили нулевой результат.

Этой тайной природы заинтересовались другие исследователи. Например, Эльзасер (1939) и Я. Френкель

⁵³ Proc. Roy. Soc., A, 1923, v. 104, p. 451.

⁵⁴ J. Frankl. Inst., 1928, v. 206, p. 427.

(1945) считали наиболее предпочтительной базой объяснения происхождения магнитного поля Земли и газообразных масс солнечных пятен конвекционные движения жидкой массы внутри Земли и газообразной массы солнечных пятен. Эта идея становится любопытной, если учесть в этом конвекционном движении упомянутый выше эффект концентрации чаинки в стакане с вращающимся напитком, а жидкую и газообразную массы считать четвертым состоянием материи, поведение которой подчиняется специфическим законам, проявляющимся, например, в шаровых молниях. Это любопытное дополнение в идее Эльзасера и Френкеля согласуется, например, с указанным П. М. С. Блэккетом⁵⁵ таким фактом: магнитные моменты Земли и Солнца почти пропорциональны их механическим моментам. Следовательно, в образовании магнетизма участвует основная масса этих вращающихся космических образований.

Представляют определенный интерес и попытки этого автора установить связь между сущностью магнетизма вращающихся массивных образований типа Земли и Солнца и происхождением магнетизма элементарных частиц. Эта попытка привела Блэккета к такому результату:

$$P_{\mu}/P_m : \mu_B = 1,08 \cdot 10^{-22},$$

где P_{μ} и P_m — магнитный и механический моменты массивных тел μ_B — магнетон Бора. Этот результат близок к величине

$$\gamma^{1/2} \frac{m}{e} = 4,90 \cdot 10^{-22}.$$

$$\text{Учитывая, что } \mu_B = 1/2 \frac{e}{mC}, \quad P_{\mu} = 1/2 \beta \gamma^{1/2} = \frac{P_m}{C},$$

где β — коэффициент пропорциональности, близкий по величине к $1/4$ для Земли, к единице для Солнца и для звезды 78 Девы.

Все эти исторические факты остаются пока тем материалом, который подлежит дальнейшему анализу с учетом новых сведений о составах и строении массивных образований и элементарных частиц. Пока можно лишь утверждать, что происхождение магнетизма космических

⁵⁵ Успехи физических наук, 1947, т. 33, вып. 1, с. 52—76.

массивных объектов и магнетизма элементарных частиц органически связано с их собственными вращениями.

Каковы бы ни были окончательные обоснования этого удивительно загадочного явления природы, эксперименты П. Н. Лебедева, несомненно, занимают почетное место в истории этой области физики.

Работы по астрофизике

«Имя Лебедева в физике сочетается главным образом с его классическими опытами по давлению радиации на твердые тела и газы, но еще чаще имя Лебедева вспоминается в современной астрофизике, когда речь идет о многочисленных проявлениях этой силы в самых разнообразных областях — от межзвездной материи до звездных недр»⁵⁶, — таково мнение представителей современной астрофизики. Они причисляют П. Н. Лебедева к выдающимся астрофизикам своего времени: его эксперименты по световому давлению оказались одной из важнейших вех учения о физике звезд и других космических образований.

П. Н. Лебедев относится к числу выдающихся астрофизиков своего времени не только потому, что он провел классические эксперименты по световому давлению, но и потому, что применил полученные результаты к раскрытию таинственных явлений, протекающих в космических объектах. Из 22 оригинальных печатных трудов Лебедева 5 посвящены проблемам астрофизики, а несколько неопубликованных — проблемам физики Солнца.

Интерес к астрофизике зародился у Лебедева при анализе побочных способов доказательства существования светового давления. Само же желание экспериментально решить проблему светового давления возникло у Лебедева, как уже известно читателю, не для того, чтобы подтвердить гипотезу Кеплера о происхождении хвостов комет, а с целью доказать его собственное убеждение относительно решающей роли лучеиспускания в сцеплении молекул, в их взаимодействии.

К числу побочных способов доказательства справедливости гипотезы светового давления, рассмотренных Ле-

⁵⁶ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 75.

бедевым до его классических экспериментов, относится и тот теоретический расчет соотношения сил гравитации и лучевого отталкивания молекул-вibrаторов, результат которого привел его в восторг. «Я, кажется, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет, — писал Лебедев. — Работа теоретическая, и я набрасываю конспект, чтобы на днях подать профессору математики... Найденный мною закон не есть дело минутного наития: около двух лет ношу его зачатки... Теперь, когда закон доказан и остается только облечь его в красивую форму, я ничуть не волнуюсь, частью, может быть, от того, этого я не скрою, что озадачен, даже ошеломлен его общностью, которую я сначала не почувствовал».

Эти места из писем Лебедева уже цитировались раньше, и они приводятся здесь еще раз для того, чтобы обратить внимание на последние слова, указывающие на «общность» найденного им закона, выражающего связь двух явлений природы — гравитации и радиации, которые предопределяют условия сосуществования определенных материальных образований как в свободном космическом пространстве, так и в составе конденсированных сред.

Именно общность закона связи противоборствующих сил природы вызвала такой восторг ученого. И, оценивая тогдашний уровень развития науки и все другие обстоятельства, можно понять эмоции Лебедева.

Все это относится к 1891 г. С этого времени и начал развиваться интерес Лебедева к астрофизическим проблемам. В 1892 г. Лебедев опубликовал статью «О движении звезд по спектроскопическим исследованиям», в которой больше обращено внимание на новейший метод познания важнейших свойств материи не только в лабораторных условиях, но и в условиях свободного космического пространства, в условиях Вселенной. Затем наступил значительный перерыв в этих занятиях, и лишь с 1901 г. несколько угасший интерес ученого к проблемам астрофизики вновь возродил успех экспериментального решения проблемы светового давления. С этого времени Лебедев становится членом отечественных и зарубежных научных обществ, в том числе и астрономических.

Главной заслугой Лебедева, по достоинству оцененной астрофизиками всего мира, явились его классические эксперименты по световому давлению на твердые тела и газы.

Происхождение разных форм хвостов комет. Гипотеза Кеплера о роли световых лучей Солнца в происхождении хвостов комет и в их поведении неоднократно подвергалась критическому анализу. Еще Ньютон в 1687 г. высказал иную гипотезу, в основу которой положил древнее предположение о существовании эфира, заполняющего все мировое пространство, плотность которого якобы зависит от присутствия массивных космических образований, и закон Архимеда. Поскольку плотность эфира, по мнению Ньютона, должна возрастать в направлении массивных тел, то, например, по мере приближения комет к Солнцу газы этих космических объектов по закону Архимеда должны «всплывать».

Эту гипотезу подверг критике Эйлер, защищая точку зрения Кеплера. Однако Эйлер считал, что свет оказывает отталкивающее действие не в смысле ударов световых корпускул, излучаемых Солнцем, а в силу существования продольных колебаний светового эфира, возбуждаемых Солнцем. Эти продольные колебания, по мнению Эйлера, и передают механические импульсы частицам приближающихся к Солнцу кометных образований, вследствие чего и образуются хвосты комет.

В XIX в. была высказана, правда в довольно осторожной форме, еще одна гипотеза — электрическая гипотеза В. Ольберса (1812), которая просуществовала без особых возражений до знаменитых опытов Лебедева по световому давлению.

В частности, Бессель (1836), придерживаясь точки зрения Ольберса, согласно которой заряжающиеся частицы комет одноименного знака отталкиваются от Солнца, впервые сделал попытку построить механическую теорию образования и деформаций различных хвостов комет. Спустя полвека Ф. А. Бредихин также принял во внимание электрическую гипотезу Ольберса и нашел определенную закономерность в отношениях сил электрического отталкивания и гравитационного притяжения. Из 50 рассмотренных им комет были найдены три отношения этих сил, присущих трем типам комет. Эти числа и послужили основой классификации комет на три группы, названные впоследствии «классификацией по Бредихину».

В 1872 г. Ф. Цёльнер подчеркнул развивал электрическую гипотезу, заявив, однако, что откажется от своих

убеждений, если будет доказано существование светового давления.

Спустя год Максвелл впервые рассчитал величину силы светового давления на базе электромагнитной природы света. А в 1884 г. эта же величина была получена и А. Бартоли, но на базе термодинамических закономерностей. Затем последовали расчеты Больцмана, Голицына, Лебедева, Лорентца, Кона и др. Несмотря на кажущееся бы, достаточно убедительные теоретические доказательства существования сил светового давления и на способы подсчета величины этого давления, электрическая гипотеза образования хвостов комет продолжала жить в учении о кометах.

Первый ощутимый удар по теории Ольберса—Цёлнера нанес П. Н. Лебедев в 1891 г. в статье «Об отталкивающей силе лучеиспускающих тел»⁵⁷, опубликованной вначале в России, а затем вышедшей в виде рефератов в немецком, английском и французском изданиях.

Главная цель этого труда, как подчеркивал сам Лебедев, «состоит в том, чтобы показать, какую долю ньютоновской силы притяжения составляет отталкивание лучеиспусканием как для Солнца, так и для всякого шаровидного тела, температура которого не равна абсолютному нулю». Элементарный расчет силы гравитационного притяжения шаровидного тела, находящегося на таком же расстоянии от Солнца, как и Земля, и силы лучевого отталкивания со стороны Солнца привели его к следующему результату:

$$F_g = \frac{4}{3} \pi r^3 \delta A \quad \text{и} \quad F_i = \pi r^2 P_0;$$

здесь $A = 0,6 \text{ см/с}^2$ — ускорение; $P_0 = 6 \cdot 10^{-5}$ дин — сила отталкивания; r — радиус тела; δ — его плотность.

Выражая разность сил в единицах гравитационной силы, Лебедев получил формулу

$$F = \frac{F_g - F_i}{F_g} = 1 - \frac{3}{4} \frac{P_0}{Ar\delta} = 1 - \frac{10^{-4}}{r\delta}.$$

Она указывает на то, что для тел очень малых размеров и небольшой плотности сила светового давления становится значительной по сравнению с гравитационной. Да-

⁵⁷ Труды Отд. физ. наук Общ. любит. естествозн., антропол. и этногр. М., 1891, т. 4, вып. 2, с. 1—3.

вая оценку такому результату, Лебедев в этой статье писал: «Из наблюдений кривизны 40 кометных хвостов Ф. А. Бредихин нашел три величины этой отталкивающей силы: 17, 1,1 и 0,2; эти величины могут быть без натяжки объяснены вышеуказанным механическим действием солнечных лучей, чем устраняется гипотеза электростатического заряда Солнца, разработанная Цёлнером».

Для случая, когда два шаровидных тела находятся в свободном космическом пространстве и обладают температурой 0°C , соотношение этих сил определяется формулой Лебедева

$$K = 1 - \frac{20}{r\delta R\Delta},$$

где r и R — их размеры; δ и Δ — их плотности.

Оценивая этот результат, Лебедев писал: «...два шаровидных тела, температура которых 0°C , плотности $\Delta = \delta = 10$ и $R = 4$ мм, в мировом пространстве не притягивают и не отталкивают друг друга». При меньших размерах этих тел сила светового взаимного отталкивания будет значительно превышать силу взаимного притяжения. Однако, как подчеркивал Лебедев, эта формула неприменима к молекулам, размер которых меньше длины световой волны и которые не являются абсолютно черными телами. В этом случае силы лучевого отталкивания можно рассматривать как действие резонаторов друг на друга.

И после того как была экспериментально измерена сила светового давления (1899—1901), П. Н. Лебедев мог еще с большей уверенностью заявить, что в его теории отсутствуют какие-либо надуманные гипотезы, тогда как теория Цёлнера зиждется на основе *ad hoc*: до сих пор никто еще не мог определить ни знака, ни величины заряда Солнца, неизвестны и такие процессы электризации газов, чтобы молекулы его наэлектризовались зарядом одноименного знака заряду Солнца⁵⁸.

Еще до опытов по световому давлению эта теория Лебедева оказала настолько значительное влияние на воззрение астрофизиков, что гипотеза Ольберса-Цёлнера стала утрачивать свое значение. Ф. А. Бредихин в своей

⁵⁸ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 35, 244.

академической речи, произнесенной еще в 1893 г. и посвященной теме «О физических переменных в небесных телах», признал более интересной и обнадеживающей теорию Лебедева.

И хотя в учении о кометах «электрическая гипотеза» значительно утратила свой научный вес, однако она еще не была полностью дискредитирована. Еще в 1883 г. Фитцджеральд осуществил попытку рассчитать максвелловскую силу светового давления на отдельные мельчайшие частицы хвостов комет, но допустил существенную ошибку, не учтя того, что теория Максвелла применима только для тел больших размеров. Эту ошибку попытался исправить Шварцшильд (1901), рассчитав эту силу для весьма маленьких шариков, отражающих свет, и в результате получил, что величина светового давления быстро растет при уменьшении диаметра шарика до $\frac{2}{3}$ длины волны и достигает максимума, когда диаметр шарика равен $\frac{1}{3}$ длины волны. Начиная с размера диаметра шарика, равного $\frac{1}{5}$ длины волны, сила светового давления быстро уменьшается до нуля. Базируясь на этих расчетах, Шварцшильд не пожелал приписывать световому давлению решающей роли в образовании хвостов комет многих разновидностей.

Опубликованная Шварцшильдом работа значительно способствовала тому, что мнения астрофизиков относительно проблемы хвостов комет разделились: одни отдавали предпочтение теории Лебедева, другие — теории Ольберса—Цёльнера. Узнав об этом, П. Н. Лебедев специально выехал в Гёттинген на съезд Германского астрономического общества, который состоялся 4 августа 1902 г., и прочел там доклад на тему «Физические причины, обуславливающие отступление от гравитационного закона Ньютона»⁵⁹.

Основное содержание доклада Лебедева было нацелено на «электрическую гипотезу», причем он обратил внимание еще раз на то, что за время существования этой гипотезы для ее физического обоснования не сделано скольконибудь заметных успехов: не удалось ни определить знака и величины заряда Солнца, ни доказать, что электризация солнечными лучами газов должна приводить к образованию постоянного по величине и одноимен-

⁵⁹ Там же, с. 240.

ного по знаку заряда в этом газе. По поводу попыток косвенного доказательства этой электризации на основе того, что газы хвостов комет находятся в таких же условиях, как газ в гейслеровских трубках, о чем свидетельствуют факты свечения хвостов комет, Лебедев заявил, что такие доказательства «...не выдерживают критики и противоречат принципу сохранения энергии, согласно которому всякое свечение сопряжено с отдачей энергии, а таковое не может иметь места в случае электростатически неизменно заряженных газовых молекул; причину свечения кометных хвостов следует искать во флуоресценции сильно освещенных газов»⁶⁰.

Лебедев, в общем не отвергая гипотезы об электризации газов солнечными лучами, выступал против допущения однополюсной электризации газов, на которой основывалась теория Ольберса—Цёлнера. На возможность существования и электрических сил в процессах образования хвостов комет и их формы указывал сам Лебедев, однако эту возможность следовало еще доказать. И даже в лучшем случае основополагающей роли ей отвести нельзя, так как известные уже данные о величине сил светового давления и состава хвостов комет удовлетворительно согласуются с наблюдаемыми фактами⁶¹.

На съезде в Гёттингене с возражениями против положений доклада Лебедева выступил К. Шварцшильд, который доказывал, что в образованиях ряда форм хвостов комет световое давление не может участвовать вследствие его нулевой величины. Лебедев тогда же ответил, что расчет Шварцшильда не учитывает «биографии» молекул, представляющих собой не простые шарики, а микровибраторы, могущие резонансно поглощать свет и испытывать значительный световой импульс.

Хотя этот довод прозвучал убедительно, тем не менее он еще не был экспериментально подтвержден. И мнения астрофизиков разделились не только по вопросу разрешения проблемы с хвостами комет, но и по поводу решения проблемы, устойчивости звезд как газовых образований с весьма высокими температурами. Так, С. Аррениус и другие вообще не верили в существование сил светового

⁶⁰ Лебедев П. Н. Собр. соч., М., 1963, с. 244.

⁶¹ Теперь установлено, что действия излучения не сводятся к силам светового давления и что эти силы включают и корпускулярные импульсы.

давления на отдельные молекулы, хотя в то время П. Дебай уже провел специальные расчеты, указывавшие на значительные силы светового давления на шарики.

Именно эта ситуация заставила Лебедева завершить ранее начатые эксперименты по световому давлению на газы. А достигнутый успех оказался новой исторической вехой развития астрофизики.

Итак, теория Лебедева относительно природы хвостов комет во всех трех типах комет и существенной роли сил радиационного отталкивания в свободном космическом пространстве стала общепризнанной. Правда, оставался пока еще не решенным вопрос о величине силы давления света на отдельные молекулы. Тогда Лебедев мог лишь заявить, что «задача объяснить формы кометных хвостов световым давлением, которую триста лет тому назад поставил себе Кеплер, в настоящее время для метеорной пыли уже решена, а для газов близка к своему окончательному решению, так как теоретические и экспериментальные исследования, которые были сделаны до сих пор, дают достаточную уверенность, что путь к решению ее найден»⁶²

Дальнейший ход развития учения не только о кометах, но и о физических условиях стационарности звездной материи и ряда других новых астрофизических явлений показал, что это заключение Лебедева не утратило своего значения. В частности, были обнаружены и такие кометы первого типа, хвосты которых состоят из мелкой пыли, но сила радиационного давления превышает гравитационное притяжение в 22,3 раза, а в отдельных случаях — в 156 раз и более. Эти факты указывали на то, что радиационные силы не сводятся к силам обычного светового давления, они включают и силы давления корпускулярных лучей, состоящих из протонов и более тяжелых атомных ядер.

Теперь учитывать весь комплекс радиационного отталкивания обязательно, однако точно сделать это трудно, так как в каждом конкретном случае необходимо знать весь комплекс и характерные черты действия каждого компонента.

Проблема стационарности звездной материи. Во времена Лебедева предпринимались лишь редкие попытки

⁶² Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 388.

решить эту проблему нового направления астрофизики, изучающего физическое строение и внутренние процессы в звездах. Базируясь еще на весьма ограниченных знаниях физических законов, ученые второй половины XIX в. пытались построить простейшую теорию звезд. В основу легли предположения о том, что звезды состоят из газообразной материи и что равновесное состояние таких систем обусловлено равенством сил гравитационного притяжения и термодинамического отталкивания.

Лишь после классических опытов П. Н. Лебедева по световому давлению на газы эта область астрофизики начала выходить на путь перспективного развития. Немногим менее четырех лет после того как ученый мир узнал о блестящих успехах Лебедева, киевский физик Ч. П. Бялобржеский опубликовал первую теорию строения и равновесного состояния звезд, в которой учитывались также силы светового давления⁶³. Поэтому 1914 г. по праву следует считать началом развития этой области астрофизики.

Написанное Бялобржеским уравнение равновесного состояния так называемой стандартной модели звездной системы является основным и в современной астрофизике. Такая модель звезды состоит из двух видов материи — из газовых частиц и лучей радиации. Если принять, что на расстоянии r от центра такой модели звезды термодинамическое давление будет P , а давление радиации p , то слой звездной материи, толщиной dr , будет находиться в равновесии в том случае, если давление газа и давление радиации будут уравновешиваться гравитационным давлением на этот слой. Эта предпосылка Бялобржеского и составляет основу его уравнения

$$dP + dp = -g\rho dr,$$

где g — ускорение гравитации; ρ — плотность звездной материи.

Решить это уравнение трудно по ряду причин. Однако, как принято в подобных ситуациях, некоторые упрощения позволяют его решить и найти частные результаты. Это и сделал Бялобржеский. На частном решении этого уравнения ему впервые удалось найти максимальный размер стандартной модели звезды, при котором такая система может находиться в равновесии. Впервые было по-

⁶³ ЖРФХО, 1914, т. 46, вып. 3, с. 137.

лучено выражение для массы такой модели. На этот исторический факт справедливо обратил внимание индийский астрофизик С. Чандраскар⁶⁴. Теория Бялобржеского интересна также тем, что указывает путь определения верхних и нижних границ распространенных размеров звезд и их масс, о которых теперь еще мало известно в силу сложности физических условий существования внутризвездной материи.

На упрощенной модели Бялобржескому удалось впервые выяснить значительную роль давления радиации в существовании внутризвездной материи. В частности, было найдено, что силы давления радиации в центре звезды, которая по размеру и массе соответствует Солнцу, в 6 раз превышают термодинамическое давление и остаются неизменными на протяжении той ее части, где справедлив закон излучения абсолютно черного тела и коэффициент поглощения равен единице. Для еще больших размеров и масс радиационные силы давления играют еще большую роль. При этом давление существенно сказывается на термодинамическом состоянии внутризвездной материи.

Не вдаваясь в подробности этой интересной теории, можно лишь отметить, что первой и обнадеживающей теорией оказалась именно теория Бялобржеского, и уравнение, выведенное этим ученым, является основным и в современной астрофизике. Заметим, что тремя годами позднее была опубликована теория Т. Эддингтона, мало отличающаяся от первой теории, однако некоторые авторы предали забвению заслуги Бялобржеского⁶⁵.

Однако современные знания в области свойств атомов в условиях внутризвездной материи и на их поверхностях и состав лучевого давления не дают астрофизикам возможности найти такое решение этого уравнения, которое выражало бы максимальное приближение к истинному значению давления радиации. Лишь по отдельным фактам, наблюдаемым в некоторых случаях, астрофизикам удалось сделать удовлетворительные прогнозы. Например, по поводу наблюдаемого аномального распределения плотности кальция в атмосфере Солнца существует такая точка зрения, что эта аномалия проистекает из до-

⁶⁴ Чандраскар С. Введение в учение о строении звезд. М., 1950.

⁶⁵ Сердюков А. Р. Первая теория звезд, основанная на учете сил светового давления. — В сб.: Тезисы докладов на конференции по истории физико-матем. наук. МГУ, 1960, с. 178.

минирующей роли селективного давления света на ионы кальция. Да и само существование звездных атмосфер, их состав и протяженности в конечном исчислении также предопределяются селективным давлением света.

С наибольшей достоверностью астрофизики учитывают роль давления радиации в тех удивительных явлениях, которые протекают в так называемых новых звездах. Наблюдения показывают, что в результате каких-то внутризвездных процессов выделяется колоссальная энергия, настолько увеличивающая силу радиационного давления, что звезда быстро расширяется и достигает размеров, равных 100 солнечным радиусам⁶⁶. При достижении этого размера давление радиации остается еще настолько большим по сравнению с силой гравитации, что звездная материя этих новых звезд выбрасывается наружу.

Другой пример доминирующей роли сил светового давления в астрофизических процессах относится к расширениям газовых туманностей, установленным советским ученым В. А. Амбарцумяном⁶⁷ и обоснованным физически В. В. Соболевым⁶⁸.

Давление радиации на межзвездную материю. Как известно, П. Н. Лебедев еще в 1891 г. впервые построил принципиальную теорию равнодействующих сил гравитации и светового давления на частицы межзвездной материи. Эта теория указывает на те условия, при которых сила давления света превышает гравитацию. Но в те времена могла идти речь лишь о метеорных частицах, так как тогда почти ничего не было известно о других видах межзвездной материи. Лишь впоследствии выяснилось, что в межзвездном пространстве движутся не только метеоры и метеорная пыль, но и отдельные атомы. Астрофизики задалась целью выяснить судьбу той межзвездной материи, которая выбрасывается звездами, и новыми звездами в особенности, а также проследить за судьбой той материи, которая входит в состав расширяющихся газовых туманностей. При этом в основу теоретического анализа известных фактов была положена теория Лебедева, в соответствии с которой при определенных условиях силы светового давления доминируют над силами гравитационного притяжения.

⁶⁶ Бюлл. Астр. Обсерв. в Пулков, 1923, вып. 13.

⁶⁷ Там же.

⁶⁸ Астроном. журнал, 1944, т. 21, вып. 4, с. 143—148.

На основании проведенных расчетов астрофизики сделали такие прогнозы:

1. «Средняя» звезда в общем выталкивает из своей атмосферы те частицы, размеры которых порядка длины волны света.

2. По отношению к центру Галактики все виды межзвездной материи не могут быть изгнаны из Галактических систем, так как по отношению к центру Галактики вычисленные отношения противоборствующих сил оказались меньше единицы.

3. Лишь в перпендикулярном направлении к плоскости Галактики могут быть изгнаны частицы, находящиеся далеко от этой плоскости, если их размеры соизмеримы с длиной волны того света, который селективно поглощается этими частицами.

Здесь приведены лишь наиболее интересные примеры практического применения в астрофизике результатов классических экспериментов Лебедева по световому давлению на твердые тела и газы, а также его теории происхождения хвостов комет и равнодействующих сил светового давления и гравитации при рассмотрении проблемы диссипации звездной материи и всей Галактики.

Естественно, что они не исчерпывают того вклада в науку, который обеспечил дальнейший прогресс астрофизики.

В заключение упомянем о тех трудах П. Н. Лебедева, которые способствовали решению возникшей в начале XX в. проблемы дисперсии света в мировом пространстве, и скажем о неопубликованных трудах по физике Солнца.

Проблема космической дисперсии света. Эта проблема возникла в связи с открытием удивительного космического явления — несовпадения эпох минимумов яркости так называемых переменных звезд, когда эпоха минимума яркости в желтых лучах упреждает эпоху того же минимума в синих лучах. Феномен впервые замечен А. А. Белопольским в 1905 г. на спектрально-двойной звезде β Aurige и определен величиной, равной около 19 мин для синих и фиолетовых лучей. Затем в 1908 г. независимо друг от друга Г. А. Тихов в Пулковке и С. Нордман в Париже установили запаздывание этих эпох в так называемых затменных переменных звездах (в звезде RT Персея и β Персея), характеризующее соответственно 11 и 4 мин для желтых и синих лучей.

Это интересное явление пытались объяснить разницей скоростей распространения желтого и синего света, обусловленной якобы дисперсией света в мировом пространстве. И поскольку во времена Лебедева еще не угасло представление о мировом эфире, этому гипотетическому виду материи и приписывали дисперсионное свойство. Но все это было настолько неожиданно и странно, что стало расцениваться как сенсация в науке, обратившая на себя внимание и ведущих физиков того времени. Первым из них был П. Н. Лебедев, который самым тщательным, присущим ему критическим образом проанализировал как само явление, так и его объяснение.

Вот что писал Лебедев по поводу попыток объяснить этот феномен: «Хотя это объяснение и весьма просто, однако оно имеет тот большой недостаток, что стоит в противоречии с положениями современной науки: мы не можем приписать эту дисперсию какому-либо газовому веществу, в котором дисперсия не была бы тесно связана с поглощением. Действительно, теория света требует в этом случае такого большого поглощения, что мы не могли бы видеть ни звезд, ни даже нашего Солнца; мы не можем также приписать эту роль самому эфиру, не опрокинув всех наших электромагнитных теорий»⁶⁹.

Еще в 1906 г. Лебедев опубликовал статью «Об особенностях спектра в Aurige»⁷⁰, в которой указывал на научно обоснованный путь объяснения эпох запаздывания для фиолетового и синего света, базирующийся на известной уже зависимости смещения спектральных линий от давления газа. И поскольку в Aurige — двойная звезда, то по направлению на Землю лучи от каждой звезды проходят разные по толщине слои звездных атмосфер. Эта разница зависит от положений этих звезд по отношению к Земле и от давления в атмосферах этих звезд, изменяющихся в зависимости от суммарной гравитации (рис. 22).

Учитывая уже наблюдаемые смещения линий спектров в зависимости от давления, а также смещение по эффекту Доплера, Лебедев предложил объяснение и феномена Тихова. Тем не менее попытки приписать мировому эфиру дисперсионное свойство оставались для многих наибо-
лее обнадеживающими.

⁶⁹ С. Р., 1908, в. 146, р. 1254.

⁷⁰ Изв. Академии наук, 1906, вып. 24, с. 93—95.

В этой связи П. Н. Лебедев решил в 1908 г. опубликовать более подробную статью⁷¹, в которой приводилась развернутая аргументация первых возражений против приписываемой мировому пространству дисперсии. В этой же статье он указал на весьма уязвимые результаты наблюдений Тихова и Нордмана, позволяющие усомниться в их надежности. Не отвергая, однако, наблюдаемых явлений, Лебедев рассказал о физике переменных звезд, учитывающей знания того времени и в общем совпадающей с его воззрениями, изложенными в 1906 г. Статья положила конец проходившей тогда дискуссии по этой проблеме: аргументациям Лебедева трудно было противопоставить что-либо разумное. Астрофизики заняли выжидательную позицию, надеясь получить те данные, на которые указывал Лебедев.

В последующем наблюдении Тихова и Нордмана были вновь проверены и подтверждены. Но до сих пор астрофизики не располагают достаточными данными, позволяющими либо уточнить теорию Лебедева, либо заменить ее более совершенной.

Критика, которой подверг Лебедев попытки приписать мировому пространству дисперсию, была подтверждена Э. Р. Мустелем на базе его наблюдений короткопериодической Цефеиды RR-Лиры. Поскольку в этом случае кривая яркости имеет острый максимум, то эффект смещения фазы в зависимости от длины волны можно было обнаружить точнее. Однако смещения вообще не оказалось.

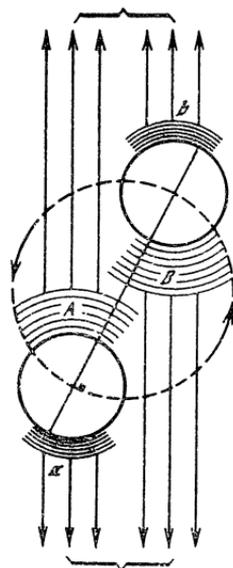


Рис. 22. Схема к возможному объяснению феномена Тихова—Нордмана

а, Б — слои атмосфер двух звезд, поглощающих собственный свет; а, А — слои атмосфер этих звезд с иными давлениями

⁷¹ С. Р., 1908, в. 147, р. 515.

Следовательно, феномен Тихова и Нордмана обязан своим происхождением исключительно индивидуальным физическим процессам, присущим этим типам звезд. Но и до сих пор эти процессы остаются для астрофизиков загадкой.

Физика Солнца. Уже давно ученые отмечали влияние Солнца на некоторые физические явления на Земле. Известен тот огромный ущерб, который наносят животному и растительному миру нашей планеты ураганы, ливни, смерчи и такие метеорологические явления, как магнитные бури и резкие аномальные изменения локальных климатических условий. Предвидеть возникновение, продолжительность и мощность этих явлений, по-видимому, невозможно, не выяснив их причинных связей с протекающими на Солнце процессами. Поэтому исследование солнечной деятельности в известной степени вызывалось практическими нуждами. Однако главным стремлением ученых было установить новые физические законы, обуславливающие выделение Солнцем колоссальной энергии без сколько-нибудь заметных изменений физического состояния этого светила.

Во времена Лебедева методы изучения физики Солнца опирались на еще сравнительно невысокий уровень знаний физических закономерностей. В начале XX в. ученые, стремясь восполнить этот пробел в науке, учредили Международный научный орган по исследованию физики Солнца (МКИС). Оргкомитет наметил программу научных наблюдений процессов на Солнце и разослал ее ученым других стран, предложив принять участие в изучении физики Солнца. От России членом Международной комиссии был рекомендован академик О. А. Баклунд.

Постановлением Академии наук от 17 (30) ноября 1904 г. было учреждено Российское отделение Международной комиссии по изучению Солнца (РОМКИС), в состав которой вошли А. А. Белопольский, А. П. Ганский, О. А. Баклунд, Б. Б. Голицын, П. Н. Лебедев, В. К. Цераский, Г. А. Тихов, В. А. Михельсон, Н. Г. Егоров, О. Д. Хвольсон и др.

Деятельность Лебедева в этом научном органе еще не освещалась в печати, о ней мы узнали из протоколов заседаний РОМКИСа, хранящихся в архивах. На первом заседании обсуждались организационные вопросы и программа научной деятельности. Так, Лебедев, выступая по организационному вопросу, говорил, что «исследования

Солнца одинаково интересны как для астрофизиков, так и для физиков», поэтому учреждение такого русского органа является назревшей необходимостью. И далее: «...только таким образом возможна взаимная помощь как духовная, так и материальная. Только помогая друг другу, астрономы и физики могут добиться результатов, которые трудно получить, работая отдельно»⁷².

Оргкомитет МКИСа запросил у всех ученых, в том числе и русских, желают ли они работать самостоятельно или под руководством международной организации. Лебедев поддержал предложение о самостоятельной работе русских астрофизиков и физиков и внес следующий проект программы научных исследований силами РОМКИСа:

1. Фотометрия неба.
2. Фотографирование короны вне затмения.
3. Определение температур солнечных пятен».

Предлагая утвердить эти три проблемы, Лебедев заметил: «Я ограничился этими задачами потому, что считаю их осуществимыми с сравнительно малыми средствами и по характеру интересными для всех исследователей Солнца. Выполнив эти задачи, выработав новые методы, наше Русское Отделение Комиссии выполнит работу важную и интересную даже и для наших более богатых иностранных товарищей»⁷³. Если возникнут вопросы, для решения которых наличных сил русского отделения будет недостаточно, отделение, указывал Лебедев, «будет обращаться за помощью к МКИСу... Если наши средства позволяют, то мы можем помочь и в разработках тем международной комиссии».

В протоколах заседания РОМКИСа, состоявшегося в апреле 1907 г., содержится материал о проделанной Лебедевым работе по названным трем проблемам. Ознакомившись с существовавшими методами фотометрирования неба, Лебедев обратил внимание на крайнее их несовершенство. Состояние атмосферных условий наблюдения Солнца или других астрофизических объектов характеризовалось тогда такими субъективными определениями, как «довольно спокойно» или «легкая дымка», и т. п. Лебедев

⁷² Протоколы заседания РОМКИСа от 3 января 1905 г., с. 2 (библиотека П. Н. Лебедева при физическом факультете МГУ).

⁷³ Протокол заседания РОМКИСа от 27 апреля 1907 г.

считал такие характеристики устаревшими и непригодными для глубокого изучения процессов на Солнце, призывая заменить их количественными характеристиками, базирующимися на физических законах. На первое время Лебедев предложил следующие количественные характеристики фотометрического состояния неба:

«1. Неспokoйствие атмосферы, которое может быть выражено величиной дуговых секунд амплитуды дрожания нижнего края Солнца.

2. Прозрачность атмосферы должна измеряться отношением силы света неба в непосредственной близости Солнца к силе света, рассеянного белой матовой поверхностью при нормальном ее освещении солнечными лучами света в разной части спектра».

Лебедев сконструировал специальный прибор для измерения неспокойного состояния атмосферы, снабженный солнечным стеклом и стеклянным микрометром, на котором нанесены три параллельные черты на расстоянии пяти секунд дуги (с учетом особенностей рефрактора).

Осуществленные Лебедевым исследования фотометрического состояния неба вокруг Солнца показали, что при хорошем небе, когда вокруг Солнца нет никакого ореола, яркость неба на расстоянии 1° от Солнца бывает около 1,3 единицы (за единицу принималась яркость бумаги, освещенной падающими на нее нормальными лучами Солнца).

Для фотометрических измерений неба Лебедев сконструировал специальный прибор, устройство которого он описывал следующим образом: «Представим себе матовую белую поверхность, покрытую сверху нейтральным стеклом, подобранном таким образом, чтобы яркость его была в 2—4 раза меньше яркости освещенной белой бумаги или магнезии. Рядом с этой пластинкой ставится поглощающий клин с острым углом (длина его 8 см, толщина — от 0 до 7 мм). Клин этот посеребрен с задней стороны и наклеен на стекло. На клин ловится изображение Солнца и уводится вниз. Яркость окружающих частей неба сравнивается с яркостью освещенной матовой поверхности. Поворачивая пластинку, подыскивают на клине такое место, чтобы яркости сравнялись. Обе эти пластинки вставляются в коробочку, которая закрывается еще светофильтром. Прибор этот градуируется эмпирически; он очень удобен, легко переносим; с ним можно

производить наблюдения даже с воздушного шара. Если на Земле найдутся такие места, где яркость неба в непосредственной близости к Солнцу будет не больше чем вдвое сравнительно с яркостью короны, то, по всей вероятности, удастся фотографировать эту последнюю вне затмения».

Как удалось установить, Лебедев занимался конструированием прибора для фотографирования короны вне затмения Солнца. В основу этого прибора он положил метод выделения из общего света Солнца света, частично поляризованного короной.

В тех же апрельских протоколах содержится отчет Лебедева о результатах разработки третьей проблемы — измерения температур солнечных пятен.

Измерение температур солнечных пятен имело особенно большое значение в изучении физики Солнца, но практическое его осуществление встречало немало трудностей. Даже во времена Лебедева, когда уже была известна закономерность распределения энергии в спектре абсолютно черного тела, осуществить измерение температур солнечных пятен практически было нелегко, однако эту трудность Лебедев преодолел, предложив РОМКИСу разработанный им метод, сущность которого изложена в протоколах: «...закрывая нижнюю и верхнюю часть щели спектрографа, на среднюю часть проектируют солнечное пятно и экспонируют фотографическую пластинку в течение определенного времени, необходимого для нормального зачернения пластинки в данной части спектра; потом закрывают среднюю часть щели и, открывая нижнюю ее часть, заставляют падать свет от источника известной температуры (для предварительных опытов — от яркой поверхности Солнца), подбирая время экспозиции таким образом, чтобы зачернение пластинки (которое легко определяется фотометром) в той же части спектра было бы приблизительно равно зачернению от света пятна: отношение времени экспозиции дает отношение яркостей данного района спектра у тела известной температуры (поверхность Солнца) и яркости пятна в том же районе спектра. Подобное измерение повторяют для четырех или пяти районов спектра (от крайнего красного до ультрафиолетового конца его) и вычерчивают кривую распределения энергии в спектре пятна. Такая кривая представляет собой спектр собственного света пятна с наложенным на

него спектром диффузного солнечного света. Исследования спектра твердого тела, проведенные Луммером и Папеном, позволяют в полученной нами кривой отделить друг от друга налагающиеся спектры и определить температуру солнечного пятна... фотографический метод наблюдения яркости спектра позволяет особенно резко выделить диффузный свет в области коротких волн, где излучение самого пятна сравнительно мало. При точном определении абсолютной температуры пятна особенно важно фотометрировать красную и ультракрасную части его спектра, для чего фотографическую пластинку спектрографа придется заменить спаем термоэлемента».

Осуществленные Лебедевым разработки физических методов фотометрирования неба, фотографирования короны вне затмения и измерения температур солнечных пятен были одобрены и приняты для практического использования. Методы Лебедева по измерению важнейших характеристик физического состояния Солнца не утратили своего значения и при последующих исследованиях. В частности, метод измерения излучения солнечных пятен получил дальнейшее развитие в трудах академика В. Г. Фесенкова, который усовершенствовал прибор Лебедева таким образом, что при использовании его автоматически исключается влияние таких побочных факторов, как диффузный свет, дрожание изображений и другие. Этот прибор был назван термоинтегратором Фесенкова⁷⁴.

Интересна еще одна внеплановая работа Лебедева, относящаяся к измерению лучевой энергии Солнца. Практическим решением этой задачи занимались Михельсон, Станкевич и др. Лебедев обратил внимание на несовершенство используемого этими авторами метода измерения лучистой энергии Солнца. Необходимость его усовершенствования диктовалась тем, что получаемые современными методами значения солнечной постоянной весьма ненадежны. На точность измерения этой постоянной оказывают влияние как различная степень прозрачности атмосферы, так и процент водяных паров в ней. Для более точного измерения Лебедев предложил применить одновременно два метода — спектроболометрический и актинометрический. Для практического применения второго метода Лебедев сконструировал специальный саморегист-

⁷⁴ Астроном. журнал, 1935, вып. 12, с. 164.

рирующий актинометр. Воспринимающая часть этого прибора представляет собой тонкую проволоку толщиной 0,04—0,02 мм, спаянную с платиновой или константановой таким образом, что система таких проволок представляет собой чувствительный термоэлемент. Такая система приходит в равновесие через 3—4 с и устанавливается горизонтально, чтобы избежать возникновения конвекционных потоков воздуха. Пропедавшие мимо проволоки лучи Солнца попадают в медную трубку, закрытую с одного конца пробкой; через металл этой трубки тепло уходит в окружающее пространство. Медная трубка имеет толстые стенки, чем достигается уменьшение влияния колебаний температуры внешней среды на тепловой режим проволоки. Как указывал Лебедев, чувствительность такого прибора может быть значительной, достаточной для регистрации всех изменений, протекающих за продолжительный период наблюдений.

Интенсификация и качество всех этих работ определялись также необходимостью точно измерять физические характеристики Солнца в период предстоявшего летом 1905 г. солнечного затмения, которое намечалось наблюдать на территории Испании и куда готовился поехать Лебедев.

За дореволюционный период Русское отделение Международной комиссии по исследованию Солнца накопило большой фактический материал как по методам измерения важнейших характеристик физики Солнца, так и по числу полученных данных. Этими трудами и было положено начало систематическому исследованию физики Солнца, успешно продолженному уже советскими учеными.

Х-лучи и радиоактивность

Открытие рентгеновских лучей и радиоактивности в развитии физики представляет собой историческую веху, с которой начались интенсивные исследования проблемы строения материи. Как известно, усилия многочисленных исследователей в этой области впоследствии привели к установлению решетчатых структур кристаллов и электронно-слоистых строений атомных оболочек, а также к созданию ядерной энергетики XX в. на основе распада и синтеза нейтронно-протонных структур атомных ядер.

Анализ хранящегося в архиве наследства П. Н. Лебедева позволил установить, что ученый непосредственно участвовал в начальных исследованиях физики рентгеновских лучей и радиоактивности. Однако по ряду непредвиденных причин (о них речь будет идти позже) Лебедев не смог опубликовать результаты проведенных им экспериментов и зафиксировал их в научных дневниках, которые он называл своеобразными «патентами».

Но прежде чем перейти здесь к содержанию этих записей в дневниках, рассмотрим сначала некоторые общие методологические решения таких вопросов, как авторский приоритет, понятие «открытие» и вопрос о месте в истории науки неопубликованных трудов ученых прошлого.

Попытки историко-научной разработки системы понятий⁷⁵, предназначенной для определения смыслового значения таких терминов, как «открытие», «предсказание», «предчувствие», «теория», «учение», показали, что в прошлом при употреблении этих терминов не соблюдалась должная щепетильность: ученые еще не имели научно обоснованных методологических принципов градации смысла этих терминов.

И действительно, как свидетельствует анализ крупнейших открытий в физике, в каждом случае имелись существенные различия в оценках и решении вопросов приоритета. По-разному использовались и права на публикацию результатов исследований.

Рассмотрим в этой связи отдельные примеры из истории открытий в физике.

Как известно, открытие радиоактивности принято относить к 1896 г. и автором его считать А. Беккереля. Однако стало известно, что задолго до этого события лучи урана наблюдали Н. де Сен-Виктор и почти одновременно С. Томпсон, и эти лучи расценивались как новый вид флуоресценции, названный «гиперфосфоресценцией». Оказалось, что вследствие недостаточно созревших исторических условий предшественники Беккереля прошли мимо того характерного, что позволило этому ученому заявить в печати об открытии им нового вида излучения, названного лишь впоследствии радиоактивностью. Заметим, что

⁷⁵ Вяльцев А. Н. Предсказание в физике элементарных частиц. — В кн.: Прогнозирование в учении о периодичности. М., 1976.

обнаруженное Беккерелем новое в этих лучах не дало еще основания в те времена видеть в нем вежу в развитии физики XX в. Лишь последующие исследователи показали, что открытые Беккерелем лучи происходят от самопроизвольного распада атомных ядер, названного радиоактивностью атомов.

Полезно в этой связи установить определенную градацию открытий. Так, те открытия, которые еще не содержат в себе достаточных сведений для их осмысления и не позволяют предчувствовать конкретное новое, следовало бы относить к низкой категории. Открытие Беккереля в начальный период могло дать повод предчувствовать что-то очень важное для науки; такие открытия можно относить к более высокой категории.

В истории открытия черенковского излучения, например, выступают такие же аспекты. Теперь известно, что еще задолго до П. А. Черенкова слабое свечение растворов урановой соли наблюдали супруги Кюри и П. Н. Лебедев. Однако никто из них не располагал такими сведениями, которые позволили бы познать происхождение этого нового излучения. П. Н. Лебедев не считал себя вправе опубликовать наблюдаемые им новые явления без детального исследования и надежной интерпретации их происхождения. Открытие П. А. Черенкова можно отнести к еще более высокой категории, потому что установленное им свечение ураниловых солей было исследовано столь детально, что этого достаточно было для предсказания пути познания его происхождения. С. И. Вавилов, отправляясь от известных свойств люминесценции и свойств черенковского излучения, первый указал на то, что Черенков открыл совершенно новый вид излучения и что происхождение этого излучения связано с движением электронов, рождающихся в среде под действием гамма-лучей. Совпадение данных наблюдения с математическими расчетами, проведенными И. Е. Таммом и И. М. Франком, позволило без особых затруднений дать безупречную интерпретацию происхождения этого вида излучения.

В истории физики известны случаи, когда открытия совершались без открытия в истинном смысле этого слова. Именно так произошло с фотоном. Известно, что существование фотона не было установлено, а лишь предпосано квантовой теорией М. Планка (1900), т. е. фотон

был открыт «на кончике пера». Однако ни сам Планк, ни автор квантовой теории фотоэффекта А. Эйнштейн (1905) не имели еще четкого представления о фотоне как частице света. Физики того времени расценивали эти теории как выражение законов квантового излучения и поглощения света, а сам свет представлялся ими в виде совокупности электромагнитных волн малой длины. Современник может теперь сказать, что в те времена формулы Планка и Эйнштейна были «умнее» их создателей, ибо представление о фотоне как частице света сформировалось эволюционно, без открытия в истинном смысле этого термина.

В истории физики известны и такие случаи, когда исследователи не проявляли должной щепетильности и сообщали в печати о сомнительных открытиях. К числу таких историй относится «открытие» так называемого субэлектрона, автор которого не разобрался в результатах экспериментов.

Наконец, открытиями в науке принято считать и установления новых исторических фактов в деятельности ученых прошлого, если они существенно обогащают историю науки. При этом анализ такого наследия прошлого должен устанавливать место и значение трудов ученого в развитии науки и тем самым корректировать вопрос приоритета. Исходя из этих методологических обобщений, мы попытаемся дать анализ неопубликованных трудов П. Н. Лебедева по физике рентгеновских лучей и радиоактивности.

Труды П. Н. Лебедева по физике X-лучей. Как известно, в декабре 1895 г. В. К. Рентген опубликовал работу о случайно осуществленном им открытии ранее неизвестного вида излучения, названного X-лучами. Это открытие вызвало сенсацию во всем мире: с помощью X-лучей представилась возможность «видеть» невидимое. Это удивительное свойство возбудило всеобщий интерес не только вследствие широких перспектив его практического использования, но и с точки зрения познания их физической природы.

Узнав об открытии X-лучей, Лебедев, как, впрочем, и многие физики и ученые других специальностей, незамедлительно повторил опыты Рентгена. К январю 1896 г. он уже располагал лично смонтированной достаточно мощной рентгеновской установкой, с помощью которой

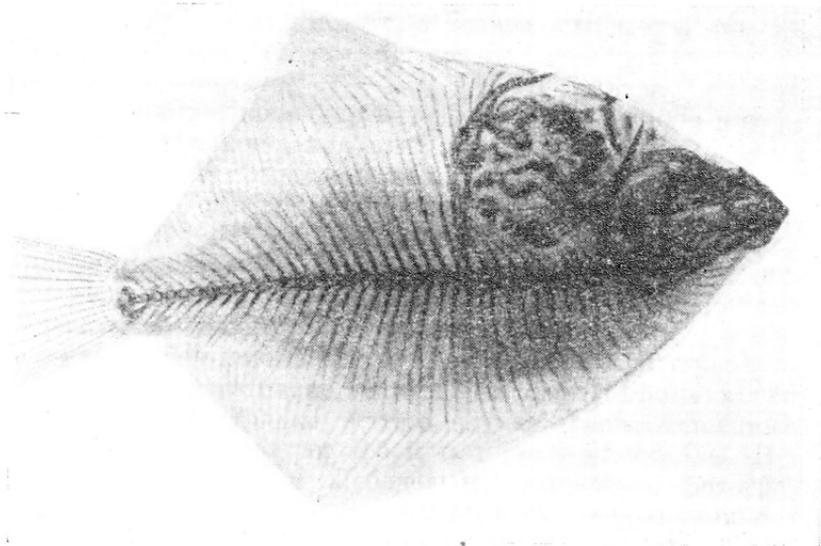


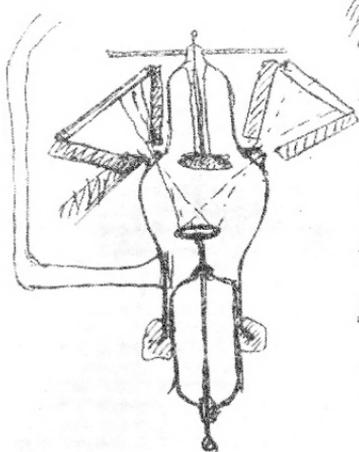
Рис. 23. Рентгеновский снимок, сделанный П. Н. Лебедевым

получил снимки кисти своей руки, содержания собственного кошелька и скелета рыбы (рис. 23). Эти снимки Лебедев демонстрировал на прочитанных им двух публичных лекциях, посвященных сенсационному событию в науке. Вскоре Лебедев осуществил первое в России рентгенографическое диагностирование, благодаря которому проф. Л. Л. Левшину удалось сделать хирургическую операцию в клинике Московского университета⁷⁶.

А. Г. Столетов узнал о замыслах Лебедева по исследованию физики X-лучей, будучи уже тяжело больным. Однако в последние дни жизни он настоятельно советовал своему преемнику заняться люминесцентными свойствами X-лучей. Об осуществлении этого замысла мы узнаем из записей в дневнике за декабрь 1896 г.: там приводится схема экспериментальной установки (рис. 24) и дается своеобразный научный отчет о результатах произведенных экспериментов.

На катодной стороне трубки Лебедев вырезал четыре окошка небольшого размера и заклеил их тонкими пла-

⁷⁶ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 151.



Приспособление для определения
интенсивности действия
различных флуоресциру-
ющих на положительном
электродном теле.
Причем пропускание изме-
ряется одновременно в
четырех разных окошеч-
ках, заклеенных разными
материалами. Это Прусская
дырковая фотография: по-
сторонний свет стенок
сосуда не мешает и не на-
лагается на изображения
изображения.

Рис. 24. Схема экспериментальной установки, на которой П. Н. Лебедев сфотографировал дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах

стинками из разных материалов. Чтобы посторонний свет не влиял на фотографический индикатор, с помощью которого Лебедев намеревался оценивать интенсивность и характер прошедших через окошки X-лучей, он использовал свинцовые ограждения. В результате получились оригинальные фотокамеры для рентгеновских снимков.

В дневнике коротко записано: «Приспособление для определения интенсивности действия различных флуоресцирующих на положительном электроде тел. Причем пропускание измеряется одновременно в четырех разных окошечках, заклеенных разными материалами. Получается дырковая фотография: посторонний свет стенок сосуда не мешает и не налагается на получения изображения» (№ 90, с. 216).

Эти слова свидетельствуют о том, что Лебедев задался целью установить, как влияет материал анода, облучаемый мощными катодными лучами, на интенсивность и характер X-лучей. В результате совершенно неожиданно он получил «дырковые фотографии», происхождение которых оказалось весьма загадочным и интересным.

Лебедев несомненно отдавал себе отчет в том, что он сделал новое и, быть может, крупное открытие, но, не зная сущности открытого, не считал себя вправе сообщить о нем в печати.

Современник, конечно, легко даст безупречную интерпретацию происхождения этих «дырковых фотографий», не зная даже о геометрических конфигурациях «дырок». В самом деле, раз посторонний свет не влиял на получение изображений, то происхождение этих фотографий непременно связано с физической структурой пластинок, вклеенных в окошки. И Лебедев, ставя эксперимент с известными целями, мог вклеивать пластинки, лишенные каких-либо примесей и неоднородного внутреннего строения. Следовательно, «дырковые фотографии» могли быть получены только в том случае, если вклеенные пластинки представляли собой типичные кристаллы. Несомненно, полученные Лебедевым «дырковые фотографии» — это рентгенограммы кристаллов дифракционного происхождения. Этот вывод подкрепляется также найденными в архиве Лебедева двумя «дырковыми фотографиями» (рис. 25, 26)⁷⁷.

Сравнивая эти рентгенограммы с полученными В. Фридрихом и Р. Книппенгом и опубликованными в августовском номере «*Annal. d. Phys.*» за 1913 г.⁷⁸, т. е. спустя примерно полтора года после смерти Лебедева, нетрудно видеть принципиальные их различия. Лебедев впервые получил рентгенограмму берилла с известной теперь гексагональной структурой решетки этого минерала и рентгенограмму каменной соли; обе «дырковые фотографии» были сделаны с помощью широкого пучка рентгеновских лучей, выделяемого размерами окошек, тогда как Фридрих и Книппенг использовали узкие пучки рентгеновских лучей⁷⁹. Поэтому в «дырковых фотографиях» Лебедева центральная часть рентгенограммы берилла оказалась смазанной, а периферийные дифракционные максимумы слишком растянуты.

Чем же объяснить, что Лебедев, понимая научную важность открытого им нового явления, не счел себя

⁷⁷ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 1, д. 147, лл. 5, 6.

⁷⁸ *Ann. d. Phys.*, 1913, Bd. 41, S. 971.

⁷⁹ В последующей практике применялись только узкие пучки; широкие пучки использовались лишь для получения нейтроннограмм.

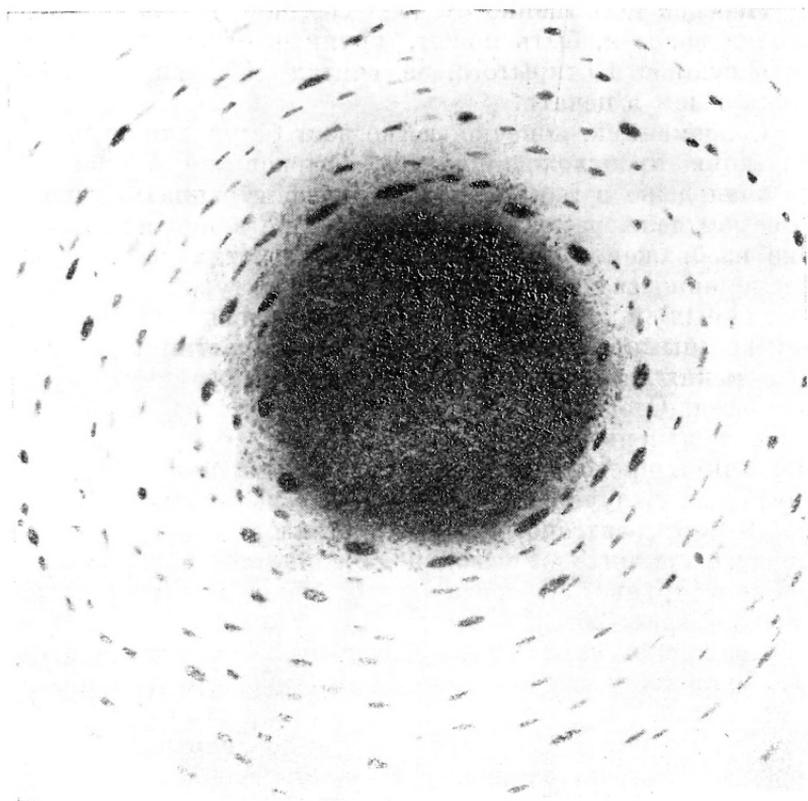


Рис. 25. Фотокопия снимка, сделанного П. Н. Лебедевым в 1896 г. (шестикратное увеличение)

вправе сообщить о нем в печати и «запатентовал» его лишь в своем научном «Отчете»? Чтобы понять занятую Лебедевым позицию, необходимо мысленно перенестись в далекое прошлое и выяснить, насколько созрели тогда исторические условия для опубликования его открытия.

Физикам еще не была известна истинная природа X-лучей, хотя Лебедев, как, впрочем, и многие другие ученые, был уверен в их электромагнитном происхождении, однако природа их рождения оставалась загадкой до 1914—1916 гг. Не было уверенности тогда и в решет-

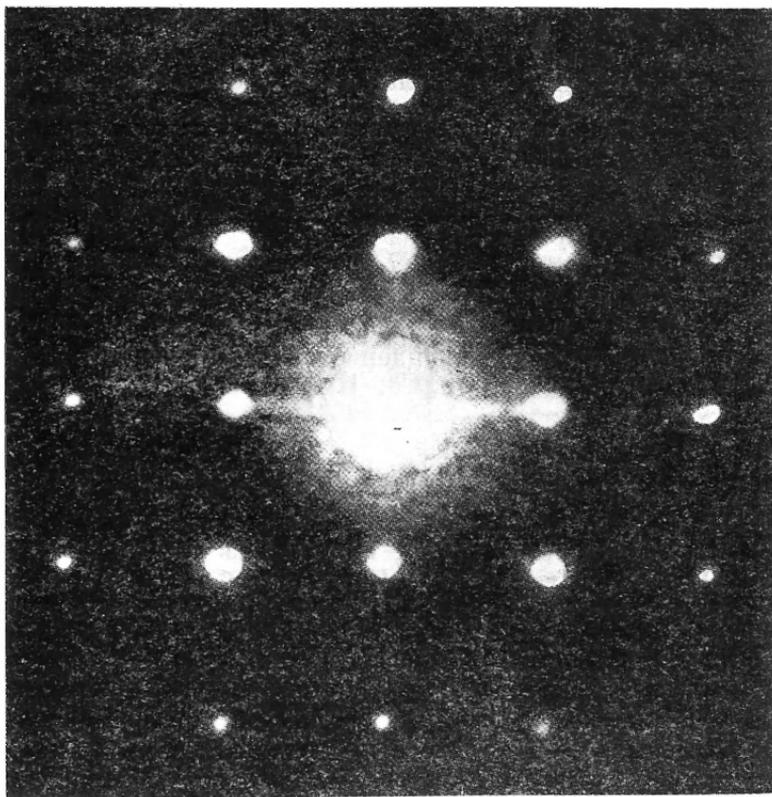


Рис. 26. Фотокопия рентгенограммы кристалла, полученная П. Н. Лебедевым (шестикратное увеличение)

чатом строения кристаллов, чтобы можно было хотя бы интуитивно предвидеть дифракционное происхождение «дырковых фотографий». Таким образом, в то время уровень развития науки еще не создал условий для появления в печати такой работы. Перед Лебедевым могла лишь встать задача ускорить появление этих условий. Однако для решения такой задачи потребовалось бы немало времени и еще больше усилий, что заставило бы его отказаться от выполнения намеченного плана исследований по уже назревшим проблемам физики. Поэтому Лебедев поступил правильно, «запатентовав» свое открытие в на-

учном отчете и отнеся тему доработки этого открытия в «резерв».

Лишь после того, как главные пункты плана Лебедев выполнил и ему представилась возможность расширить сферу научных исследований в Московском университете, он решил вернуться к начатым исследованиям по физике X-лучей. Об этом мы узнаем из его записей в дневнике за февраль 1904 г.

«Теперь начинаю подготавливаться к большому исследованию по секундарным лучам,— писал он 19 февраля 1904 г.— как действуют X-лучи от разных антикатодов на потерю заряда конденсаторами из разных металлов |Cu, Ag, Au|Mg, Zn|Cd, Hg|Sn, Sn, Pb|Pd, Ir, Pt
|Th, Bi, U|
|Fe, Co, Ni|.

Потом последуют исследования поглощения X-лучей разными металлами» (№ 90, с. 663).

Постановка таких задач вызывалась также тем, что еще Рентген, а затем и В. Кауфман обнаружили возрастание жесткости X-лучей с ростом атомного веса антикатада.

Лебедев подсчитал, сколько необходимо и возможно провести отдельных экспериментов; это число оказалось необычайно велико, что, однако, не смутило его: созданный им проект экспериментальной установки, описанной в дневнике, позволял получить ожидаемые ответы в сравнительно короткие сроки.

В экспериментальной установке (№ 90, с. 633) антикатод из ряда разнородных металлов запроектирован вращающимся (рис. 27). Поверхности антикатодов наклонены к горизонтали таким образом, чтобы можно было направить X-лучи на соответствующие измерительные конденсаторы. Измерение сравнительных величин энергии X-лучей предполагалось осуществлять по потерям зарядов конденсаторами (см. нижнюю часть схемы на рис. 27).

Оценивая задуманный Лебедевым план с точки зрения перспективности в случае его выполнения, нетрудно предположить, что были бы обнаружены те вторичные X-лучи, которые получили Ч. Г. Беркла и У. Садлер⁸⁰

⁸⁰ Phil. Mag., 1907, v. 14, p. 407.

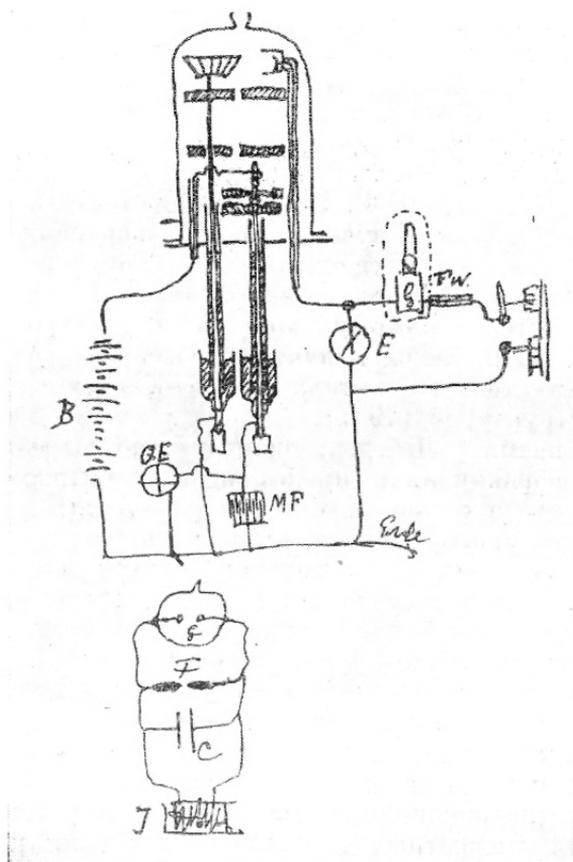


Рис. 27. Схема экспериментальной установки, на которой П. Н. Лебедев планировал исследования физики X-лучей

B — источник высокого постоянного напряжения, *MF* — батарея конденсаторов, *C* — конденсатор, *F* — искровой микрометр, *J* — индуктор

в 1907 г., и тот закон, который был установлен Г. Мозли⁸¹ в 1913 г. Однако задуманный Лебедевым план не был выполнен. В апреле—мае 1904 г. в университете сложилась настолько угнетающая обстановка, что Лебедев тяжело заболел и вынужден был надолго выехать за границу лечиться.

⁸¹ Phil. Mg., 1913, v. 26, p. 910.

К тому времени, когда Лебедев завершил свои замечательные исследования по световому давлению на газы, он располагал достаточными данными, чтобы начать расшифровывать происхождение «дырковых фотографий» на основе дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Правда, в 1908 г. Лебедев узнал о неудавшейся попытке Б. Вальтера и Р. Поля экспериментально определить длину волны X-лучей методом дифракции на узких щелях, однако эта неудача не смутила его, она объяснялась просто. К 1910 г. в среде физиков заметно укрепились представления о дискретной структуре света и о тождестве природы X-лучей и обычного света. Было также известно, что металлы тоже обладают кристаллической структурой (1907).

В то время у Лебедева окончательно созрело убеждение в дифракционном происхождении «дырковых фотографий», хотя он не считал его достаточным, чтобы сообщить в печати о сделанном открытии. Необходимы были безупречные доказательства. С этой целью Лебедев взялся за подробное исследование явления дифракции разной физической природы волн на разных пространственных решетках. Ученик Лебедева В. К. Аркадьев подробно исследовал дифракции «по Френелю», а сам Лебедев сосредоточил свое внимание на дифракции «по Фраунгоферу», получающейся от пространственных решеток, и на выяснении общей закономерности расположения дифракционных максимумов в условиях прохождения дискретных и непрерывных волн через двумерные и трехмерные решетки. С этой целью он сконструировал стробоскопическую волновую машину⁸², с помощью которой наблюдались оригинальные дифракционные эффекты (рис. 28)⁸³.

Как известно, Аркадьев добился определенных успехов, установив взаимное влияние двух отверстий на характер и расположение дифракционных максимумов. Этот факт был использован в середине XX в. при дополнительном доказательстве квантостатистического происхождения корпускулярно-волновых свойств микрочастиц.

Исследуя дифракцию от двумерной решетки, Лебедев нашел обнадеживающий путь решения поставленной за-

⁸² См. опубликованное автором описание этой машины (ФН, 1953, т. 19, вып. 3, с. 469).

⁸³ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 1, д. 147, лл. 4, 12, 14, 20.

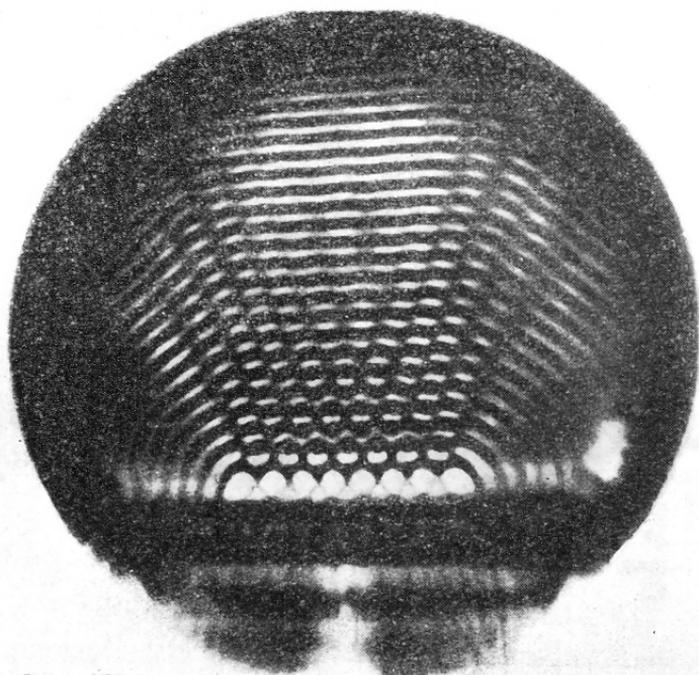


Рис. 28. Фотокопия дифракции от многих отверстий, полученной П. Н. Лебедевым

дачи (рис. 29)⁸⁴. Однако он не успел окончательно реализовать свою идею по дифракции электромагнитных волн на двумерной решетке (рис. 30)⁸⁵ и на трехмерной решетке «схематического диэлектрика», проект которого возник еще в 1893 г. Как свидетельствуют записи в дневнике за тот период, Лебедев предполагал осуществить эксперимент на «схематическом диэлектрике», изготовленном из регулярно расположенных и нанизанных на ниточки металлических бусинок. Пропуская через такую модель диэлектрика электромагнитное поле, длина волны которого должна быть соизмеримой с расстоянием между бусинками, можно наблюдать любопытные оптические эффекты. По свидетельству учеников Лебедева, осуществ-

⁸⁴ Там же, л. 11.

⁸⁵ Там же, л. 10.

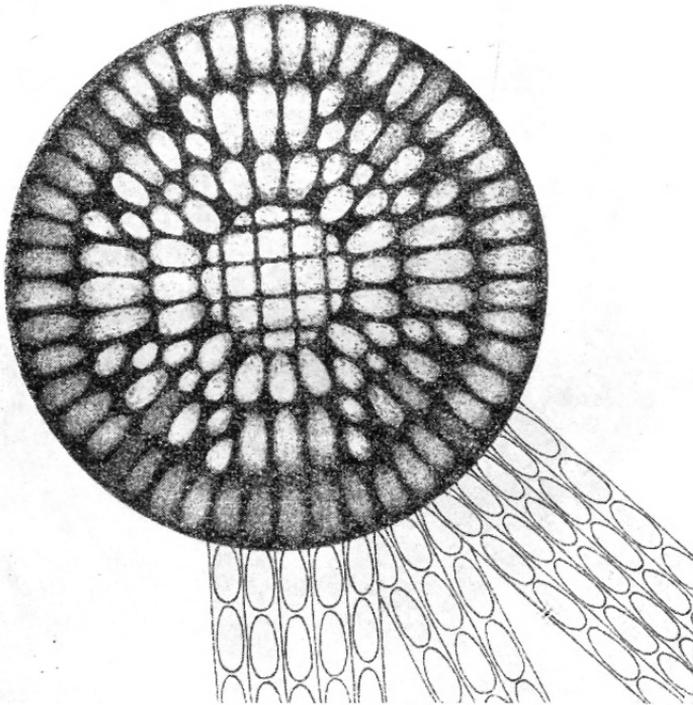


Рис. 29. Фотокопия дифракции, полученной П. Н. Лебедевым на двумерной решетке

вить этот проект эксперимента для доказательства дифракционного происхождения «дырковых фотографий» было поручено В. И. Романову. Монтрование же рентгеновской установки по «Плану» 1904 г. Лебедев поручил Н. Н. Андрееву. Однако задуманному не суждено было осуществиться: в начале 1911 г. академическая жизнь ученых Московского университета была потрясена политическими событиями, прервавшими все начатые Лебедевым и его учениками исследования, а 1 (14) марта 1912 г. П. Н. Лебедев скончался.

Исследования дифракции электромагнитных волн на «схематическом диэлектрике» завершил Н. А. Капцов лишь в 1922 г.⁸⁶ Эти исследования доказали перспектив-

⁸⁶ Капцов Н. А. О дифракции электромагнитных волн в пространственной решетке. — Труды III съезда РАФ. М., 1923, с. 23.

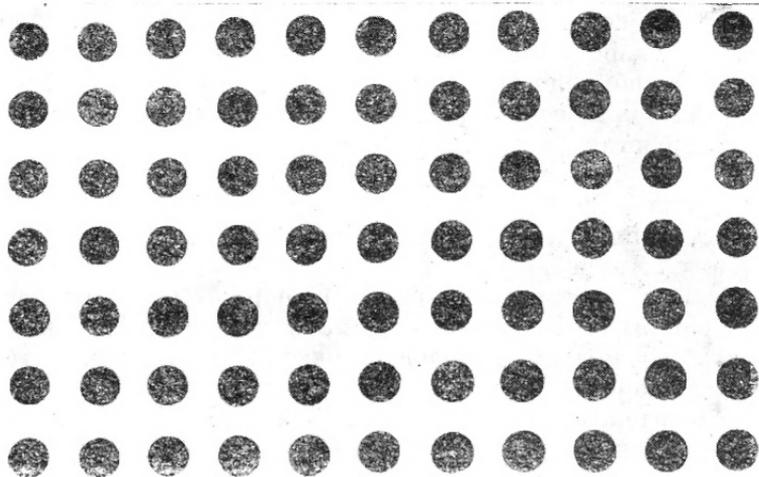


Рис. 30. Двумерная решетка, составленная из посеребренных бусинок и предназначенная для исследования дифракции электромагнитных волн

ность метода моделирования для установления дифракционного происхождения полученных Лебедевым «дырковых фотографий».

Остается выяснить, насколько избранный Лебедевым метод моделирования мог быть эффективнее теоретического доказательства существования дифракции рентгеновских лучей на решетках кристаллических структур. Постановка такого вопроса может показаться излишней, так как открытие дифракции рентгеновских лучей привело в конечном итоге к общепризнанным методам анализа строения кристаллов. Однако для научного анализа наследства Лебедева ответ на данный вопрос необходим, ибо без него можно неверно определить место сделанного им открытия в истории науки.

Прежде всего следует внимательнее рассмотреть историю открытия дифракции рентгеновских лучей. Летом 1912 г. в «Мюнхенских известиях» появилось сообщение о том, что В. Фридрих и Р. Кнйшпенг экспериментально подтвердили предугаданное М. Лауэ существование дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. Полный отчет об этом открытии был опубликован в августе 1913 г.

Анализ теории Лауэ показывает, что для совпадения этой теории с экспериментом потребовалась еще одна гипотеза⁸⁷. Вскоре выяснились и другие трудности этой теории. Это побудило искать иные методы расчетов параметров кристаллических решеток и рентгеновских лучей. Более простая и убедительная теория была построена У. Г. и У. Л. Бреггами осенью 1912 г., а в феврале 1913 г. в журнал «Phys. Zeitschrift» поступила статья нашего отечественного исследователя Ю. В. Вульфа «О рентгенограммах кристаллов».

Если бы не обнаружившиеся в теории Лауэ трудности, вряд ли была бы необходимость в дальнейших поисках других расчетных методов проверки совпадения теории с экспериментом. Как известно, вслед за указанными исследователями Д. Дарвин, П. Дебай, П. Шеррер и другие опубликовали результаты иных подходов для теоретического обоснования дифракции рентгеновских лучей и методов экспериментального наблюдения этого явления. Таким образом, предчувствие открытия дифракции рентгеновских лучей на кристаллах переросло в окончательное утверждение. История этого открытия оказалась довольно сложной.

Возможно, что своевременное осуществление метода моделирования «по Лебедеву» упростило бы историю данного открытия и зародившиеся у Лебедева предчувствия сделанного им открытия дифракции рентгеновских лучей быстрее переросли бы в общепризнанное утверждение. Вместе с этим метод моделирования мог бы быть наиболее эффективной основой теоретических расчетов. Пожалуй, главное преимущество метода моделирования «по Лебедеву» заключается в том, что он позволяет наглядно и довольно убедительно доказать, какими должны быть кристаллические структуры и параметры рентгеновских лучей, чтобы получались наблюдаемые на «дырковых фотографиях» конфигурации дифракционных максимумов. Метод «схематического диэлектрика» позволяет придавать моделям любые строения реальных кристаллов и тем самым распознавать действительные кристаллические структуры.

Исходя из изложенного можно заключить, что история открытия дифракции рентгеновских лучей обогатилась

⁸⁷ См.: Хвольсон О. Д. Курс физики. М., 1923, т. 5, с. 802—803.

трудами П. Н. Лебедева и приведенный здесь метод моделирования может оказаться полезным и для будущей практики.

Вместе с этим обнаруженные в архиве труды П. Н. Лебедева по данной проблеме убеждают, что они помимо прочего оказали свое влияние на научные интересы соотечественников и на зарождение в России соответствующего научного направления.

Как уже упоминалось, Лебедев предпринял первые попытки заинтересовать своих учеников и сотрудников проблемой физики X-лучей и дифракционными эффектами на пространственных решетках. По-видимому, не все догадывались об истинных целях разработок этих тем, однако В. И. Романов и Ю. В. Вульф, вероятно, были с этим знакомы. Известно, что Вульф, переселившись в этот период в Москву, стал активным участником знаменитых лебедевских коллоквиумов, на которых он сам сделал несколько докладов по физике кристаллов. В это время начал зарождаться у Вульфа интерес к дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. После событий в Московском университете и безвременной кончины Лебедева он на собственные средства создал рентгеновскую лабораторию и вскоре сам получил «дырковую фотографию». Одновременно ученик Лебедева Н. Е. Успенский также взялся за исследования дифракции на кристаллах иными способами и добился известного успеха. Впоследствии Успенский стал во главе лаборатории по рентгеноструктурному анализу при Физическом институте Московского университета и воспитал новых ученых, работающих в этом оригинальном направлении физики.

Неопубликованные труды П. Н. Лебедева по физике радиоактивности. Опубликовано в 1896 г. А. Беккерелем сообщение об установлении им нового вида излучения урановой соли произвело на П. Н. Лебедева глубокое впечатление, и он уделил должное внимание этому открытию. Лебедева заинтересовало прежде всего то, что лучи Беккереля отличаются от известных люминесцентных и X-лучей. В этой связи он решил повторить опыты Беккереля, используя для этого азотнокислый уран.

Убедившись, что и азотнокислый уран испускает такие же лучи, какие наблюдал Беккерель от других урановых соединений и от чистого металлического урана, Лебедев задался целью экспериментально установить

принципиальное отличие лучей урана от X-лучей, зависимость интенсивности лучей Беккереля от количества урана и от расстояния до их источника.

Об итогах этих экспериментов мы узнаем из записей Лебедева в его научных дневниках, относящихся к ноябрю—декабрю 1897 г. и к январю 1898 г. Первая запись гласит: «Я начал заниматься лучами Беккереля — хочу проследить их сходство и различие от лучей Рентгена» (№ 90, с. 473). И тут же констатируется: «Сравнивая излучение рентгеновских лучей трубки и азотнокислого урана [$UO_2(NO_3)_2 + 6H_2O$], нашел, что трубка на расстоянии 30 см за 20 секунд дает то же, что 0,4 г урановой соли за 7 дней на расстоянии 1 см. Отношение интенсивностей показывает, что один грамм урановой соли дает излучение в миллион раз меньше, чем трубка». Измерение осуществлялось фотографическим способом.

Конечно, по тому времени этот результат был новым фактом, но он мало содержал в себе перспективной информации. Результаты других исследований указывали на более интересные свойства лучей урана. Так, в своих «Отчетах» Лебедев «запатентовал» первый результат: «Мои опыты показывают, что количество лучей, даваемых ураном, не зависит от толщины слоя, а пропорционально его количеству» (№ 90, с. 479).

Это уже совсем интересный результат: он указывал на ранее неизвестную связь между интенсивностью лучей урана и количеством урана, т. е. на существенное отличие природы лучей Беккереля от лучей Рентгена.

Последняя запись за 7 января 1898 г. свидетельствует о решении второй задачи: «Вчера нашел для лучей Беккереля, что яркость обратно пропорциональна квадрату расстояния».

Если давать современную оценку этим результатам, то следует признать, что, решая первую задачу, Лебедев установил элементарный, но весьма любопытный для того времени закон радиоактивности — закон аддитивности излучения, указывающий на то, что природа лучей урана тесно связана с определенными внутренними процессами, присущими атомам урана.

Теперь известно, что в апреле 1898 г. этот закон был установлен также супругами Кюри; он оказался решающим в открытии ими новых радиоактивных элементов (полония и радия). Впоследствии этот закон позволил

установить первую метрику радиоактивности: как известно, на конгрессе в Брюсселе, состоявшемся в 1910 г. при непосредственном и руководящем участии П. Н. Лебедева, была установлена единица радиоактивности, названная «кюри» и соответствующая интенсивности лучей, испускаемых безводным хлористым радием в количестве 21,99 мг. Оказалось, что радиоактивность в один кюри соответствует $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов атомных ядер за секунду.

«Запатентованный» Лебедевым результат решения второй задачи свидетельствует об установлении еще одного элементарного закона, который можно именовать «законом изотропности» радиоактивного излучения. Но в те времена говорить об особом значении этих элементарных законов не приходилось: еще не созрели условия для понимания роли этих законов в учении о радиоактивности. И поскольку о первом законе уже сообщили супруги Кюри, постольку Лебедев не считал себя вправе публиковать «мелочные» результаты своих исследований, каковых в его дневниках содержится невероятно много как в области физики, так и в области техники.

Интересно, какие радиоактивные лучи играли основную роль в исследованиях П. Н. Лебедева? Теперь нетрудно ответить на этот вопрос: нам известны свойства всех радиоактивных лучей и те способы их регистрации, которыми пользовался Лебедев. В те времена фотографический способ был основным, им пользовался и Лебедев. Известно, что входящий в состав урановых солей природный уран-238 обладает только альфа-радиоактивностью, причем альфа-лучи оказывают главным образом ионизационное действие. Фотографическое действие в экспериментах Лебедева оказывали в основном только бета-лучи, так как гамма-лучи в этом случае имели весьма малую интенсивность. И действительно, Лебедев использовал бета-лучи, которые испускались не ураном-238, а продуктом его распада — торием-234, который бета-гамма-радиоактивен, но гамма-лучи весьма малоинтенсивны.

В заключение укажем на определенное влияние идей Лебедева на продолжение начатых им собственноручно исследований радиоактивности. Не имея возможности охватить исследования ряда крупных назревших проблем физики, П. Н. Лебедев заинтересовал некоторых своих учеников возникшими в те времена проблемами радиоактивности. Лебедев пристально следил за сообщениями

в печати о новых сведениях по радиоактивному излучению; на него произвели глубокое впечатление сообщения Э. Резерфорда об установлении им в 1903 г. легко поглощающейся компоненты радиоактивных лучей и о том, что эта компонента по своим свойствам схожа с гелием и природы лучей урана связана со взрывным разрушением атомов урана. Лебедев отчетливо понимал, что установленные новые свойства радиоактивных элементов предсказывают зарождение новой физики — физики XX в. Об этих обобщениях он говорил в лекциях по специальному курсу «Задачи современной физики», читавшихся им с 1903 по 1911 г.

Первым учеником Лебедева, приступившим в конце 1909 г. к работе по радиоактивности, был И. Г. Лютцау, затем В. Д. Зёрнов начал изучать радиоактивные свойства альтоновских грязей. Впоследствии заинтересовался вопросами радиоактивности еще один ученик Лебедева, К. П. Яковлев, который был командирован в Манчестер к Резерфорду для ознакомления с постановкой экспериментальных работ по радиоактивности. После смерти Лебедева такое ознакомление вызывалось назревшей необходимостью организации в Московском университете научно-учебной лаборатории (спецпрактикум) по радиоактивности. Такой спецпрактикум и был создан в Московском университете. К. П. Яковлев написал первое в России учебное пособие по радиоактивности⁸⁸, а в послереволюционное время возглавил радиологическую лабораторию Института физики и кристаллографии МГУ и руководил специализацией по радиоактивности. Подготовленные им молодые физики приняли участие в создании в нашей стране крупнейшего в мире научно-технического центра в области ядерной энергетики.

Инженерно-конструкторские идеи и проекты

Техническое оснащение экспериментов, проведенных П. Н. Лебедевым, говорит о комплексе оригинальных инженерно-конструкторских решений. Именно его незау-

⁸⁸ Яковлев К. П. Специальный практикум по радиоактивности. М., 1913.

рядные инженерно-конструкторские способности оказались особенно важными для успешных экспериментальных решений поистине величественных по тому времени проблем физики.

История физики еще не знала столь тонкого искусства проведения классических опытов по световому давлению на твердые тела и газы, изумительных экспериментов по оптическим свойствам электромагнитных полей рекордно высокой по тому времени частоты и по пондеромоторному свойству гидродинамических, акустических и электромагнитных волновых движений и, наконец, по происхождению нормального геомагнетизма. Это историческое наследие П. Н. Лебедева служило и будет служить для многих поколений физиков образцом экспериментаторского мастерства.

Никакому другому ученому того времени и более раннего периода не пришлось пройти по столь тернистому пути первооткрывателя, как Лебедеву в его юные годы. Ему удалось получить превосходные технические навыки и познания. Именно этот инженерно-конструкторский багаж сказался на его успехах в решении не только физических проблем, но и многих технических задач, которые составляют ныне удивительное богатство наследия ученого.

В дневниках Лебедева, объем которых достигает нескольких тысяч страниц и которые имеют многочисленные приложения, содержатся сотни проектов изобретений и идей экспериментальных установок. Мы же расскажем лишь о наиболее интересных с точки зрения истории науки, оригинальных по замыслу инженерно-конструкторских проектах экспериментальных установок, физических приборов и реактивных двигателей, многие из которых были использованы самим автором или совместно с учениками; некоторые из них предвосхитили устройства, реализованные позднейшими исследователями и изобретателями.

Экспериментальная установка для исследования аномальной дисперсии света. Как известно, аномальную дисперсию света успешно исследовал Август Кундт — учитель Лебедева. Однако в то время еще никто не задавался целью изучить это удивительное явление, когда диспергирующее вещество подвергается действию магнитного поля. Правда, впервые эффект действия магнитного поля

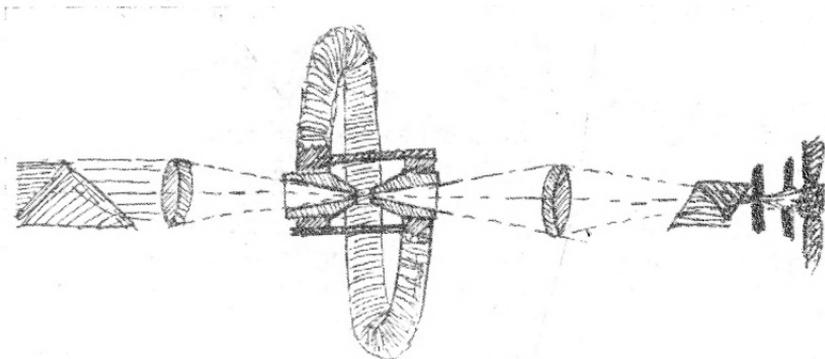


Рис. 31. Схема экспериментальной установки для исследования дисперсии света

на поляризующие свет вещества был обнаружен в 1846 г. М. Фарадеем и впоследствии был назван «эфф́ектом Фарадея».

По-видимому, этот эфф́ект подсказал Лебедеву идею аналогичного эксперимента с диспергирующими свет веществами. Основная цель эксперимента — выяснить проявляющиеся в этих условиях особые свойства взаимодействия света и вещества, указывающие на косвенный путь познания предполагаемого Лебедевым «механизма» взаимодействия молекул-вibrаторов и поляризованного поля света.

Эта задача возникла в 1893 г., когда Лебедев усиленно работал над проблемой пондеромоторного действия волн разной физической природы на соответствующие резонаторы.

Для осуществления эксперимента ученый набросал технический проект специального электромагнита и схему всей установки. К работе над установкой Лебедев привлек одного из студентов (№ 90, с. 116).

Схема экспериментальной установки проста (рис. 31): электромагнит оригинальной конструкции, спектроскоп и поляризационный прибор со специальными диафрагмами. Конструктивные особенности установки позволяют исследовать ожидаемый поперечный и продольный эфф́екты.

По-видимому, технические трудности изготовления такого электромагнита, да и сами условия, при которых

могли наблюдаться ожидаемые эффекты, оказались неопытному студенту не под силу. Теперь известно, что задуманный Лебедевым эксперимент действительно мог быть осуществлен лишь при тщательном и искусном исследовании условий проявления новых и интересных физических закономерностей. Но это было достигнуто другими исследователями. В основе их экспериментальных установок лежала идея Лебедева.

Так, в 1897 г. П. Зеeman⁸⁹ опубликовал результаты своих исследований аналогичной задачи. Ему впервые удалось наблюдать эффект расширения спектральных линий D_1 и D_2 свечения натрия. Впоследствии, когда удалось усовершенствовать экспериментальную установку, снабдив ее более чувствительным спектроскопом и более сильным электромагнитом, были обнаружены дуплетные спектральные линии при продольном наблюдении и триплетные — при поперечном наблюдении.

Аналогичные опыты осуществили в 1898 г. Макалузо совместно с Карбино⁹⁰, но уже с поляризованными лучами света, как это и собирался сделать Лебедев. Эти исследователи установили эффект вращения плоскости поляризации спектральной линии натрия, а В. Фохт наблюдал в 1899 г. двойное лучепреломление.

Однако теория этих магнитооптических эффектов была построена значительно позже. Она сыграла заметную роль в развитии учения о строении и оптических свойствах атомных систем.

Метод исследования оптического эффекта Доплера. Как известно, в начальный период творческой деятельности Лебедева релятивистская физика только зарождалась. В сложном лабиринте этой области особое место занимало представление об эфире и его фантастических свойствах. Многие физики задавались целью обнаружить абсолютное движение Земли — движение относительно мирового эфира. В 1887 г. Майкельсон и Морли осуществили эксперимент с целью обнаружения абсолютного движения Земли и получили отрицательный результат: известные тогда законы физики были не в состоянии дать положительный ответ.

⁸⁹ Phil. Mag., 1897, v. 43, p. 226; v. 44, p. 55.

⁹⁰ C. R., 1898, v. 127, p. 548.

В то время никто не смог объяснить этого отрицательного результата опытов Майкельсона—Морли. Предубежденность физиков конца XX в существовании эфира и в возможность обнаружения движения Земли относительно неподвижного эфира заставила Лебедева подойти к решению проблемы иным способом, положив в основу тогда еще никем не наблюдавшийся оптический эффект Допплера. Заметим, что тогда еще не существовало теории оптического эффекта Допплера, однако полагали, что теории оптического и акустического эффектов должны быть тождественными и выражаться одним и тем же релятивистским соотношением

$$\lambda = \lambda_0 \frac{1 \pm \frac{u}{C}}{1 \mp \frac{v}{C}},$$

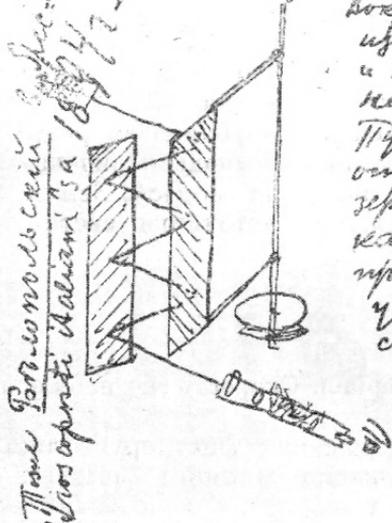
где C — скорость звука в воздухе или света в эфире; u — скорость механического перемещения источника звука (света) относительно воздуха (эфира); v — скорость механического передвижения наблюдателя (принимающего аппарата); λ_0 — длина волны звука (света) относительно самого источника; λ — длина волны звука (света) относительно наблюдателя.

Если признать, что оптический и акустический эффекты тождественны, то, зная скорость света в эфире и скорость источника света, по экспериментальному измерению λ и λ_0 можно вычислить скорость абсолютного движения наблюдателя. Например, задавая скорость источника монохроматического света в направлении движения Земли и определяя доплеровское изменение длины волны, по приведенной выше формуле можно вычислить скорость движения Земли.

Задача состояла в том, чтобы в лабораторных условиях задать большую скорость источника света в направлении движения Земли. Лебедев считал, что эту задачу можно решить с помощью одного движущегося и одного покоящегося зеркал (№ 90, с. 336). Проект такой экспериментальной установки он описал в дневнике в начале 1894 г. (рис. 32). Луч света от источника падает под определенным углом на движущееся (вращающееся) зеркало и, отразившись от него, падает под таким же углом на неподвижное зеркало. Длины этих зеркал рассчитываются

19 мая, воскресенье.

Проект установки сдвигающей линии
для измерения Доплера.



Вокруг оси вращения вращающегося источника света и проходит линия неподвижного источника. Туда лучи многократно отражаются от обоих зеркал. Наблюдателю кажется, что источник приближается или удаляется от него со скоростью v .

$$v = 2\omega r$$

где v есть скорость вращения линии движения зеркала.

Если источник в движении со скоростью в 40 метр там возможно и отражение 10 раз тогда не представляет трудностей, то легко вынуть это расстояние, если скорость в 800 метр, а тогда величину угла удобно измерить циркулем ушками Rowland, а с тыльной стороны можно наблюдать за направлением поворачивания зеркала и для равно упрощения взять $\frac{1}{2}$.

Рис. 32. Схема экспериментальной установки для обнаружения оптического эффекта Доплера, 1894 г.

таким образом, чтобы луч света мог N раз отразиться и попасть в трубу спектрометра. Задавая угловую скорость вращения зеркала ω , скорость мнимого источника света будет определяться по формуле

$$u = 2N\omega r \cos \varphi,$$

где r — радиус вращения центральной линии зеркала.

Измерением доплеровского смещения длины волны по этой формуле предполагалось установить скорость движения Земли. Предварительный расчет показал, что достаточно трехкратного отражения и 40 об/с, чтобы оптический эффект Доплера мог быть зафиксирован экспериментально.

Вскоре Лебедев узнал, что принцип этой идеи уже использовал А. Белопольский. Видимо, по этой причине он воздержался от выполнения своего проекта.

В 1900 г. А. А. Белопольский⁹¹ опубликовал результат осуществления этого проекта в несколько видоизмененном виде. При этом он вычислял не скорость Земли, а относительную скорость движения источника света по формуле

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 \pm \frac{2Nv \cos \varphi}{c} \right),$$

где v — скорость вращения зеркал. Скорость же наблюдателя принималась нулевой.

Следовательно, в этом выражении фигурирует лишь относительная скорость движения мнимого источника света. Сравнивая эксперимент с теорией, Белопольский нашел удовлетворительное совпадение.

Еще лучшего совпадения добился Б. Б. Голицын с помощью усовершенствованной экспериментальной установки. При этом оказалось, что данные эксперимента превосходно совпадают лишь с той теорией оптического эффекта Доплера, которая базируется на специальном принципе относительности.

Как известно, современная теория оптического эффекта Доплера выражается соотношением

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1 \pm v/c}{1 \mp v/c}},$$

где v — скорость относительного движения источника или наблюдателя. В этом соотношении скорость движения относительно воображаемого мирового эфира отсутствует, следовательно, сами представления как об эфире, так и об абсолютном движении тел в мировом пространстве утра-

⁹¹ Изв. Академии наук, 1900, т. 5, вып. 13, с. 461.

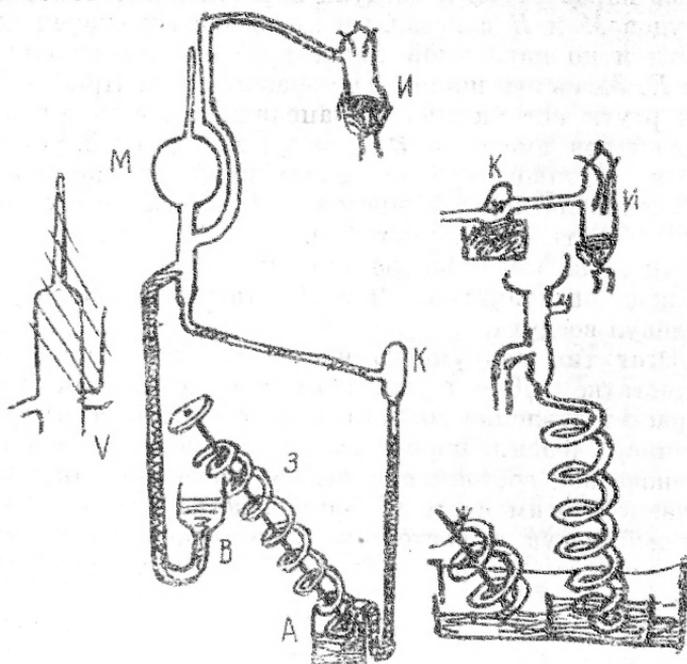


Рис. 33. Схема насоса для получения высокого вакуума

К — охлаждающая смесь льда и соли для вымораживания оставшихся паров ртути

чивают физический смысл. Но об этом физики узнали значительно позже.

Методы получения высокого вакуума. Мы уже говорили, что развитие вакуумной техники было заложено Лёбедевым. Благодаря сделанным им открытиям ученому удалось преодолеть все трудности в экспериментах по световому давлению на твердые тела. Однако оставленное им наследие свидетельствует еще об одном оригинальном способе повышения вакуума, примененном в его предварительных и заключительных экспериментах (№ 90, с. 225).

Из представленной на рис. 33 схемы этого способа видно, что оставшаяся в баллоне смесь воздуха и паров

ртути выкачивалась особым ртутным насосом. При этом смесь паров ртути и воздуха порциями захватывалась из сосудов *М* и *И* с помощью прерывистых струек жидкой ртути и по наклонной узкой трубке направлялась в сосуд *К*. Здесь эти порции вымораживались. Прибавка жидкой ртути автоматически направлялась с помощью вращающегося змеевика *З* в сосуд *В*, который устанавливался на таком уровне, чтобы прибавка порции ртути обеспечивала переливание ее из *U*-образного сосуда в узкую область вакуумных баллонов *М* и *И*. Эта порция ртути захватывает новую порцию смеси и тем самым продолжает эвакуацию из *М* и *И* оставшихся паров ртути и молекул воздуха.

Этот тип вакуумного насоса страдает определенным недостатком. Дело в том, что в процессе откачки в сосуде *К* растет давление воздуха, которое уравнивает гравитационное давление порций ртути в наклонной узкой трубке. Равновесное состояние является пределом вакуума, создаваемого этим насосом. Однако когда Лебедев соединил данный сосуд с постоянно работающим форвакуумным насосом, то его ртутный автомат обеспечил блестящий успех.

Конструкции современных вакуумных насосов основаны на примененных впервые Лебедевым двух физических явлениях: диффузионном захвате и вымораживании. В качестве вспомогательных паров берутся и пары специальных масел; они легко создаются, конденсируются и даже абсорбируются, не вступая при этом в химические реакции с металлами и другими веществами.

Метод фотосъемки быстро протекающих процессов. 18 июня 1892 г. Лебедев сделал в дневнике следующую запись: «Изобрел камеру для снимания одним объективом многих снимков в короткий промежуток». Что это? Очередной приступ увлечения изобретательством? Зачем физику понадобилось изобретать такую камеру?

Ответ на эти вопросы дает анализ научного творчества Лебедева в ранний московский период его деятельности. Известно, что в то время Лебедев увлеченно занимался исследованием физического «механизма» взаимодействия молекул и роли лучеиспускания в этом взаимодействии. При этом в основу физического «механизма» входили волновые движения разной физической природы. В частности, Лебедев начал исследовать закономерности элект-

ромагнитного взаимодействия соответствующих объектов.

Электромагнитные поля генерировались в те времена с помощью искрового вибратора. Искровой процесс еще был загадкой для ученых того времени, поэтому изучение его могло, по предположению Лебедева, оказать помощь, например, при выборе наиболее выгодного режима генерирования электромагнитных полей. Теперь этот процесс фотографируется с помощью скоростных кинокамер и позволяет отчетливо представить развитие в искре плазмы, а также построить теорию этого во многом сложного явления.

Разработанная Лебедевым конструкция фотокамеры (рис. 34) вполне удовлетворяет условиям съемки стадий искрового и любого другого периодического процесса. Лебедева интересовал в то время вопрос о том, какие формы волновых полей оказывают притягательное воздействие, а какие — отталкивательное. В его дневнике встречаются графические изображения этих полей. Видимо, фотографированием стадий формирования и распространения волновых полей Лебедев надеялся иллюстрировать те закономерности, которые он изучил теоретически и начал исследовать экспериментально. Во всяком случае рассмотренный им проект фотокамеры, предназначенной для съемки быстро протекающих процессов, оригинален и представляет определенный историко-технический интерес.

В фотокамере Лебедева, в отличие от скоростных современных кинокамер, экспонируемая фотопластинка (фотошленка) неподвижна. Кинематический процесс разлагается на детали с помощью вращающегося зеркального конуса, состоящего из большого числа зеркальных граней. При равномерном вращении конуса вокруг собственной оси проецируемое одним объективом мгновенное изображение на зеркальной грани отражается от этой грани в направлении неподвижной фотопластинки. В различные моменты перпендикуляр к отражающей изображению зеркальной грани может находиться под разными углами к вертикали. В каждый момент изображение будет располагаться в разных местах фотопластинки. Этим достигается развертывание исследуемого кинематического процесса на детали. Моменты экспонирования регулируются специальным затвором, состоящим из двух вращающихся

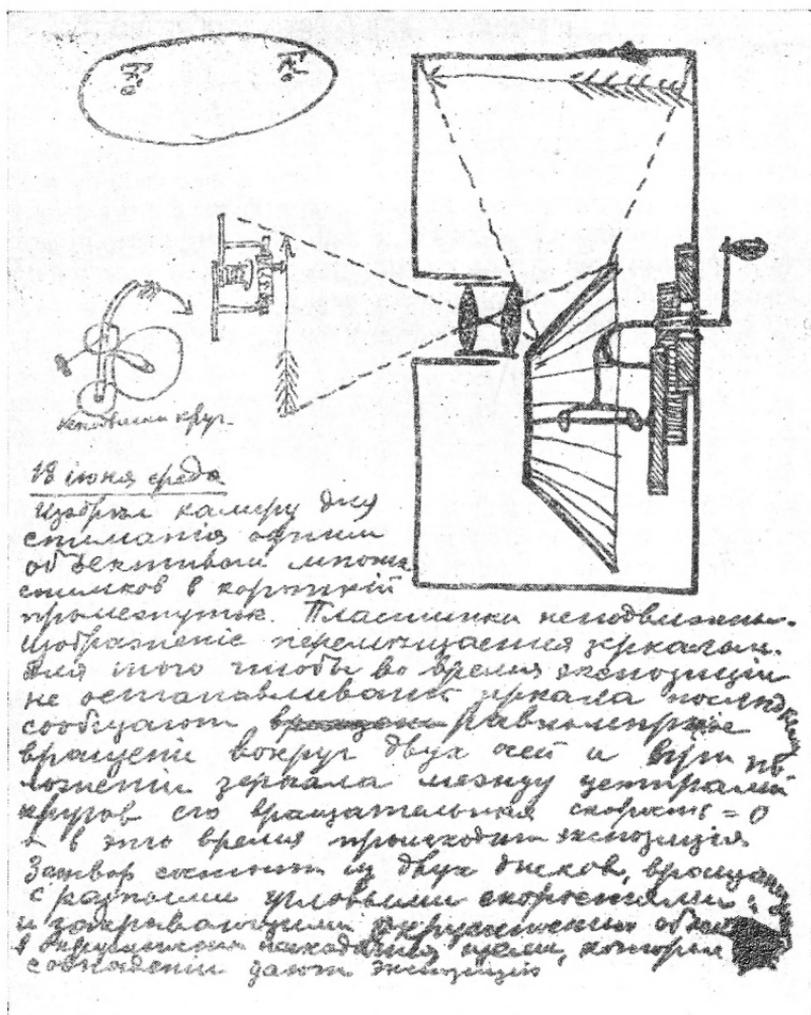


Рис. 34. Схема фотокамеры для фотографирования быстро протекающих физических явлений

с разными скоростями дисков со щелями: при совпадении этих щелей и происходит экспонирование процесса. В конструкции лебедевской фотокамеры можно регулировать моменты совпадения щелей и согласовывать их с определенным наклоном зеркальной грани. Фотокамера Лебедева

позволяет фотографировать кинематический процесс практически в любом временном режиме.

Прибор для демонстрации волновых эффектов. В ходе развития физики особое место стал занимать волновой вид движения материи. Были изучены характерные свойства этого физического движения, к числу которых относятся независимость распространения двух и более волновых движений, составляющая содержание так называемого в физике «принципа суперпозиции»; интерференция двух когерентных волновых движений, проявляющаяся во многих физических явлениях и играющая важную роль в понимании некоторых свойств материи; дифракция как интерференция ряда когерентных волновых движений, проявляющаяся не только на уровне макромира, но и на любом уровне микромира; пондеромоторные свойства этого вида движения, свойства и закономерности которых исследовал Лебедев.

Понимая важность всех этих свойств волнового движения для выяснения сущности многих физических явлений и закономерностей, особенно дифракционного происхождения рентгеновских «дырковых фотографий», а также учитывая отсутствие в то время метода наглядной иллюстрации этих свойств, Лебедев сконструировал в 1910 г. оригинальный прибор, с помощью которого удалось иллюстрировать характерные свойства этого вида движения (рис. 35).

Монтаж и наладку прибора Лебедев поручил Е. В. Богословскому, а подготовку деталей осуществляли мастера при участии ассистента Московского университета И. Ф. Усагина.

На состоявшемся в Москве XII съезде русских естествоиспытателей и врачей Богословский успешно продемонстрировал действие этого прибора, названного впоследствии стробоскопической волновой машиной. Однако описание устройства этой машины не было опубликовано. Подготовленное Лебедевым описание ее хранилось в виде рукописи в Архивах АН СССР до 1953 г.⁹²

Физической основой конструкции этой машины является стробоскопический эффект, тогда еще редко применявшийся в экспериментальной практике.

⁹² Опубликована А. Р. Сердюковым в ЖУФН, 1953, т. 49, вып. 3, с. 469—472.

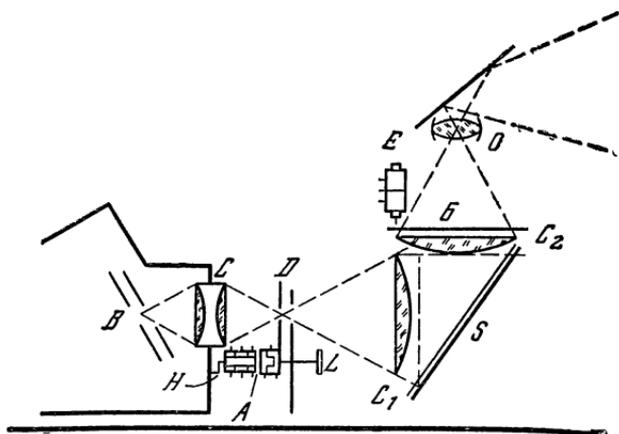


Рис. 35. Схема волновой стробоскопической машины П. Н. Лебедева

Сконструированная Лебедевым стробоскопическая волновая машина по тому времени представляла собой оригинальный физический прибор. Он состоял из следующих основных частей: *A* — электрический прерыватель стробоскопа; *B* — обыкновенный проекционный фонарь; *B* — стеклянная ванна с плоским дном и прозрачной жидкостью. Из числа вспомогательных деталей упомянем: *D* — круглую диафрагму; *L* — шкив мотора, с помощью которого приводится во вращение стробоскопический алюминиевый диск с тремя прорезями; *H* — рукоятку стробоскопического прерывателя, с помощью которой можно изменять фазу восприятия волнового движения поверхности жидкости; *E* — электромагнитный возбудитель волнового движения поверхности жидкости, частота и амплитуда которого могут изменяться по желанию экспериментатора; *C*₁ и *C*₂ — линзы конденсора, собирающего прошедший через отверстия стробоскопического диска свет; *S* — плоское зеркало, с помощью которого луч света направляется на поверхность жидкости; *O* — объектив, с помощью которого проектируется изображение поверхности жидкости на экран.

Эффективность действия этой машины зависит от правильности ее наладки. В частности, размеры трех прорезей в стробоскопическом диске должны пропускать через них около 0,1 доли всего света; в этом случае на экране

будет видна более отчетливая картина волнового движения. При большей порции света рисунок делается размытым. Ахроматические линзы полезно брать диаметром не меньше 25—30 см; такие линзы обеспечивают получение изображений на экране достаточного количества волн сравнительно больших размеров, что важно с точки зрения наилучшего зрительного восприятия. Устройство стробоскопического прерывателя должно обеспечивать изменение частоты перерывов световых сигналов в пределах, обеспечивающих получение как неподвижных рисунков, так и движущихся в одном и обратном направлениях изображаемых волн. Необходимы тщательная наладка и подбор деталей, без чего эффективность действия такой машины окажется значительно сниженной.

В современных стробоскопических приборах применяются более совершенные прерыватели световых импульсов, представляющие собой электронно-ионные генераторы световых вспышек. Интенсивность и частота этих вспышек регулируются с помощью автоматически включающихся и выключающихся конденсаторов.

Проекты реактивных двигателей. Необходимо рассказать об удивительных успехах Лебедева, изобретавшего не только физические приборы. Речь идет о его проектах реактивных двигателей для воздухоплавания и водоплавания. Но прежде всего следует попытаться ответить на вопрос, который может возникнуть при чтении этих страниц: что заставило Лебедева, столь горячо любившего физику, тратить время и энергию на изобретение того, что могло понадобиться лишь технике далекого будущего? На этот вопрос ответить не так легко, если не знать той обстановки, которая сложилась в конце XIX в.

Читатель помнит, что, вступив в Московский университет, Лебедев вскоре вошел в Московский кружок прогрессивных ученых, членом которого был и будущий отец русской авиации Н. Е. Жуковский. Между этими учеными установились дружеские отношения. Лебедев стал частым гостем на заседаниях Московского математического общества, председателем которого был Н. Е. Жуковский, а также на заседаниях Московского общества воздухоплавания, членом которого вскоре был избран и сам Лебедев. Посещая эти общества, уже в сентябре 1891 г. Лебедев узнал о волновавших ученых проблемах воздухоплавания. Новичок из среды физиков неожиданно оку-

нулся в мир научных проблем воздухоплавания, и этот удивительный мир увлек пылкое воображение страстного ученого, заставил работать его фантазию, и в результате он дерзнул изобрести оригинальный реактивный двигатель.

В дневнике за 1892 г. имеются описания проектов двух таких двигателей (№ 90, с. 176—185). Принцип действия первого типа (рис. 36) состоит в следующем⁹³. Из резервуара *K* легко воспламеняющаяся жидкость, например нефть или керосин, как полагал Лебедев, под большим давлением поступает по трубке *A* к отверстию *a*, образуя с *e* инжекторное устройство. Вылетающая из отверстия струя будет втягивать в камеру сгорания воздух. При этом, как полагал Лебедев, этот воздух до смешения его с распыленной жидкостью выгодно подогреть. Образующаяся в камере смесь распыленной, легко воспламеняющейся жидкости и воздуха (окислители) зажигается от нагретых стенок камеры и дает большое давление. После взрыва газы устремляются через отверстие и образуют второй инжектор, засасывающий через *CC* новую порцию воздуха-окислителя, и т. д. Наконец, вылетающие через *DD* газы производят реактивное действие, и вся система приводится в движение.

В этом типе реактивного двигателя легко усматривается наличие элементов современного, так называемого пульсирующего воздушно-реактивного двигателя, впервые использованного на тех самолетах-снарядах, которыми гитлеровская военщина бомбардировала Лондон в дни второй мировой войны. В проекте Лебедева недостает лишь клапана, закрывающего вход горючего в двигатель при вспышке, что необходимо для предотвращения обратного выброса горючей смеси через входное отверстие.

Еще более оригинальны другие идеи Лебедева, в частности его проект так называемых инжекторных реактивных двигателей, предложенный также американцем Лейком в 1909 г. и французом Мело в 1920 г. По существу рассмотренный Лебедевым в 1892 г. проект реактивного двигателя предвосхитил эти позднейшие проекты.

⁹³ Опубликованы А. Р. Сердюковым в ЖУФН, 1953, т. 50, вып. 2, с. 309.

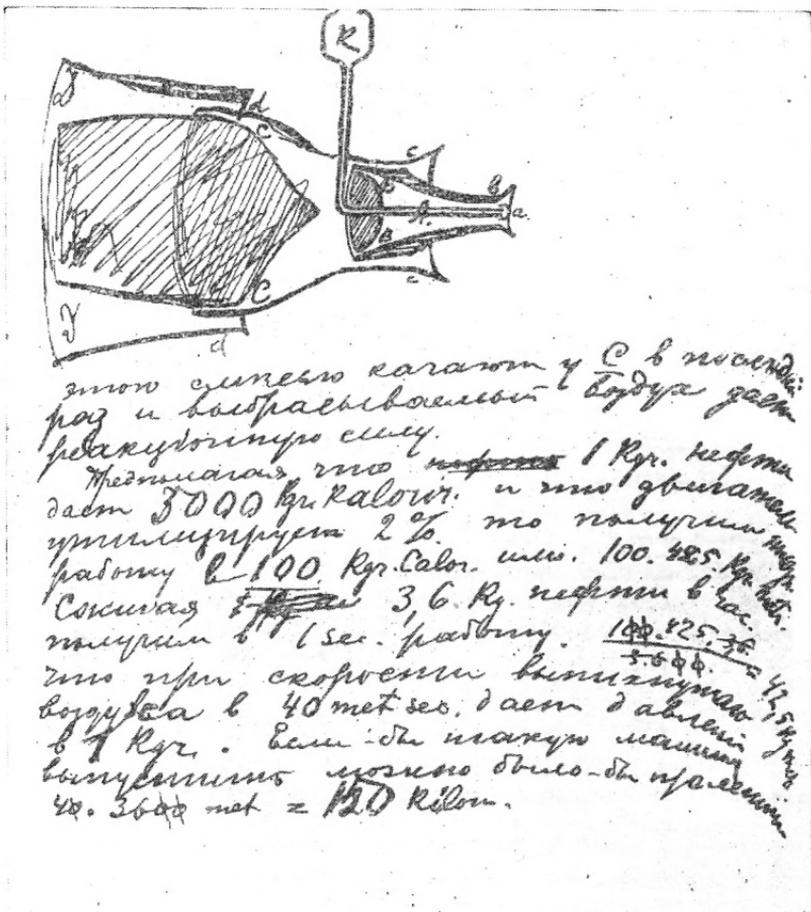
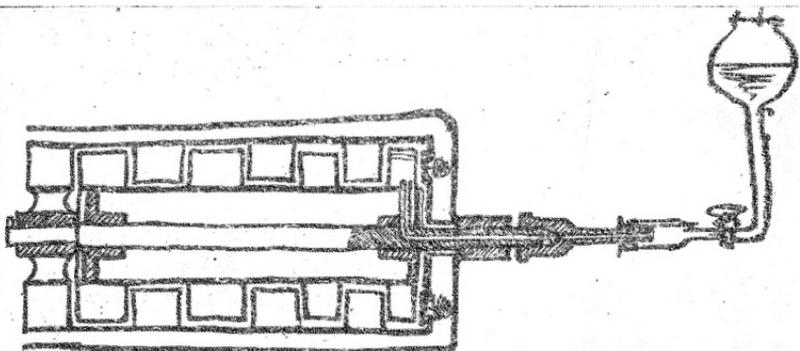


Рис. 36. Страница из дневника П. Н. Лебедева, 1892 г.

По мнению Лебедева, этот тип двигателя может успешно применяться в летательных аппаратах, основанных на принципе скользящих плоскостей (крыльев). Двигатель представляет собой турбину, работающую подобно двигателю внутреннего сгорания. Такой тип двигателя Лебедев назвал «взрывной турбиной» и описал его следующим образом (рис. 37): «...гремучая смесь взрывается, достигает огромного давления (а при высоком давлении только турбины и выгодны) и приводит во вра-



Эта скорость в 6000 об/с. в 1 мин или 60
 в 1 сек. можно достигнуть легко при
 скорости в 100 метров при диаметре в
 30 см.

Иные пазы

Турбину надо делать двурядной без
 того, чтобы избежать давления на
 подшипники как у Pearson'a. (1877 год)
 Силиком больше давление в турбине
 динах не вводит в вращение
 турбину как показано в рисунках
 турбины Don [Dimp. report Low Pressure
 Pазход пара там около 2 * R на 1 HP
 в газе — при этом во вращении,
 это удивительный вид сгорания
 паров турбина больше всего
 температура выше (узнать по
 турбине в диаметре меньше) то турбина
 слышно очень громко, если диаметр
 по 3 R диаметра в 1 газ на 1 HP

Рис. 37. Проект П. П. Лебедева турбореактивного двигателя, 1892 г.

щательное движение турбину...». Это действие будет продолжаться, «...покуда давление все не израсходуется и не получится отрицательного давления; тогда снова открывается клапан, который впускает еще гремучей смеси, опять взрыв — новый толчок и т. д. Такая турбина дей-

ствуется взрывами, а не постоянно. Конечно, можно придумать турбины, которые автоматически заботятся о наиболее выгодном составе смеси. Самым удобным для таких турбин было бы употребление двух жидкостей, которые при смешивании дают взрывную смесь. Можно устроить автоматическую передачу взрыва после каждых 10—15 оборотах турбины».

Далее Лебедев указывает на особенности устройства отдельных деталей турбины. В заключение он замечает: «Если находят, что рационально будет летать тяжелее воздуха, то не так же ли рационально и плавать в воде тяжелее воды? Само собой разумеется, что такое плавание будет возможным и благоразумным только при огромных скоростях: при соответственных турбинных двигателях это не представляет собой даже значительных трудностей».

Учитывая место, время, а также уровень развития тогдашнего общества, науки и техники, освещенные здесь инженерно-конструкторские труды Лебедева не могут не вызвать восхищения. Конечно, для современного специалиста по реактивной технике эти проекты представляют лишь исторический интерес; специалист легко убедится как в оригинальности замыслов, получивших воплощение в современной технике, так и в отдельных недостатках и упущениях. Однако с точки зрения истории науки рассмотренные Лебедевым инженерные замыслы предвосхитили грядущие пути развития реактивной техники.

Спектрограф инфракрасных лучей. Этот физический прибор оказался последней инженерной конструкцией П. Н. Лебедева. Оригинальная идея ученого была воплощена в реальный физический инструмент в 1911 г. после драматических событий в Московском университете. Способность этого прибора «увидеть» невидимое демонстрировалась с большим успехом на II Менделеевском съезде в конце 1911 г. Физику-исследователю эта новинка экспериментальной техники позволяла заглянуть в незнакомый мир и познать то, что долгое время оставалось тайной.

Сконструированный Лебедевым спектрограф-автомат не был описан в печати при жизни автора. В 1913 г. К. П. Яковлев, работавший с этим прибором еще по зада-

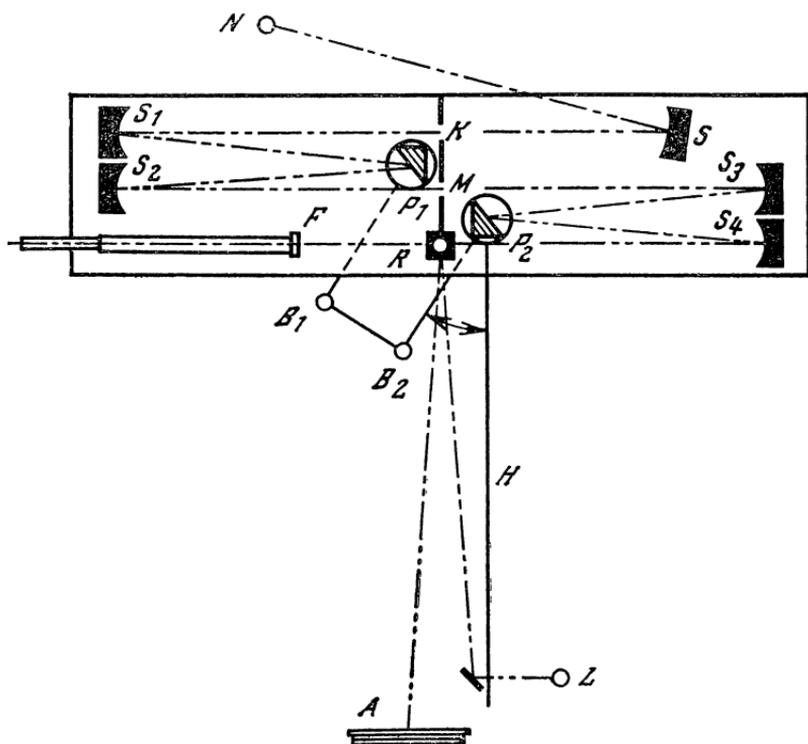


Рис. 38. Схема инфракрасного спектрографа, сконструированного П. Н. Лебедевым, 1910 г.

нию своего учителя, впервые описал устройство и действие его в магистерской диссертации⁹⁴.

Любопытно устройство спектрографа-автомата Лебедева (рис. 38). Луч света от источника N падает на зеркало S с фокусным расстоянием около 25 см. Пройдя через узкую щель K и отразившись от зеркала S_1 ($F = 50$ см), луч попадает на первую трехгранную призму

⁹⁴ Яковлев К. П. Инфракрасные спектры абсорбции некоторых органических веществ. Экспериментальное исследование. 1913. Лишь в последнем издании Собраний сочинений Лебедева редколлегия решила опубликовать описание этого прибора, имевшееся в архивной рукописи.

P_1 из каменной соли (преломляющий угол $\varphi = 30^\circ$). Входящий в призму луч имеет направление, составляющее с перпендикуляром угол, близкий к наименьшему углу отклонения. От посеребренной поверхности стеклянной пластинки, контактирующей с гранью призмы, луч отражается и попадает на зеркало S_2 и дальше входит в щель M , вырезающую из всего спектра необходимую область. Отразившись от зеркала S_3 , выделенный участок луча попадает на вторую призму P_2 и дальше направляется на спай вакуумного микрорадиометра R . Юстировка спектрографа осуществляется по отношению спектральной линии натрия. Отсчеты ведутся с помощью специальной зрительной трубы F . Призмы P_1 и P_2 можно поворачивать на небольшие углы с помощью шарнирного параллелограмма P_1, B_1, B_2, P_2 , жестко связанного одной стороной с рычагом H . Зеркальце микрорадиометра подсвечивается от лампы L . Отраженный от зеркальца луч проходит через узкую щель и попадает на фотопластинку A . Совместное движение зайчика от зеркальца и самой фотопластинки дает в результате кривую, характеризующую пропускание исследуемого объекта.

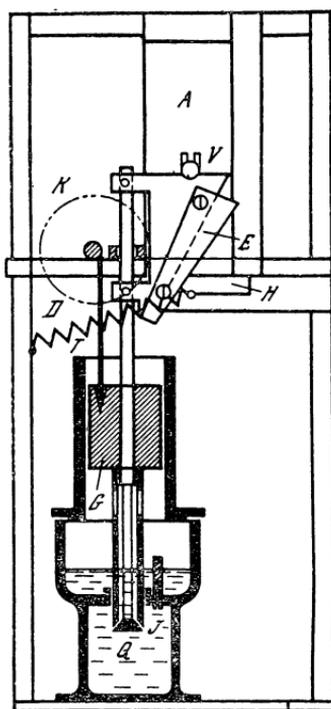


Рис. 39. Схема масляного насоса к инфракрасному спектрографу

Для автоматического перемещения фотопластинки и поворачивающихся призм используется специально разработанный Лебедевым масляный насос (рис. 39). Механизм приводится в движение грузом G , который перед работой поднимается в наивысшее положение при помощи колеса K и стальной ленты T , наматывающейся на шкив колеса. Под действием груза поршень насоса давит на жидкость, медленно протекающую через отверстие сменной втулки J в верхнюю часть цилиндра. При этом фото-

пластинка медленно опускается, а призмы поворачиваются механизмом рычага H , связанного с ребром клина E и пружиной D .

Такой спектрограф-автомат позволяет зарегистрировать на фотопластинке длиной 18 см спектр в интервале от 0,6 до 15 мк за 25 мин. Если на пути лучей поставить исследуемую жидкость, то в разных частях спектра интенсивность прошедшего через нее света будет разная (первая кривая). Вторая кривая получается при прохождении света без жидкости. Сравнение кривых даст результат поглощения света для каждой длины волны.

Современная инфракрасная спектроскопия во многом обязана тем первым ученым, труды которых заложили фундамент этой замечательной области физики. Имя П. Н. Лебедева стоит здесь на почетном месте.

Философ, общественный деятель, педагог

Философские воззрения

Тысячелетняя история науки свидетельствует, что в деятельности ученых философия играла роль научного инструмента в процессе познания наиболее общих законов развития природы, общества и мышления.

Однако далеко не каждому творцу науки прошлого удавалось сознательно и гармонично сочетать эмпирический, математический и исторический методы познания с философским. В истории физики известны случаи, когда одни ученые признавали самым надежным только эмпирический метод, тогда как другие отдавали предпочтение чисто математическому, якобы обладающему безупречной способностью предсказывать истины, не осмысливая философски итоговые результаты. Но такие ученые не достигали высот науки, о них справедливо отзывался Гёте как о «ничтожных червях сухой науки», а Герцен называл их «цеховыми натуралистами».

Лишь те творцы науки достигали знаменательных побед, которые сознательно и гармонично сочетали эмпирический, математический и исторический методы познания истины с философскими анализами.

Философия как наука о наиболее общих законах развития природы, общества и мышления, указывающая на ту методологию познания, которая базируется на общих для всех наук законах и категориях, более всего была связана с физической наукой, т. е. наукой, изучающей наиболее общие виды и законы движения, строения и свойства материи. По мере развития человеческих познаний о природе, обществе и мышлении философия совершенствовалась и становилась научным инструментом в творчестве ученых всех областей науки.

П. Н. Лебедев относился к числу тех творцов науки прошлого, которые сознательно и гармонично сочетали экспериментально-математические пути исследования с философскими методами анализа итоговых результатов. Его философские воззрения (правда, довольно еще ограниченные и несовершенные) помогали ему находить наиболее надежные критерии как в выборе исторически назревших проблем физики, так и в определении путей познания фактов и их осмысливания. Конечно, Лебедев, деятельность которого протекала в конце XIX и начале XX в., относился к числу ученых, которые в большинстве своем придерживались еще несовершенных и традиционных представлений о философии как науке и ее задачах и месте среди других наук. Интересно проследить за формированием философских воззрений П. Н. Лебедева, за тем, в какой степени и что являлось решающим в его стремлении овладеть философской наукой того времени.

Философские воззрения Лебедева начали складываться, по-видимому, под влиянием художественной литературы, и в первую очередь «Фауста» Гёте. В письмах Лебедева часто встречаются философские рассуждения, заимствованные из этого произведения. Образ Фауста с его верой в возможность постижения истины, с его одержимым стремлением преодолеть любые трудности на пути к познанию сущности вещей и с его чувствами любви к народу, науке, с желанием достичь счастья для народа, несомненно, оказали на Лебедева определенное влияние. Те воззрения Лебедева на науку, на житейское счастье человека, на значение личной жизни, которые впоследствии руководили им во всей его творческой деятельности, во многом рождены образом Фауста.

В школьные годы Лебедев был одним из организаторов рукописного журнала «Познай самого себя», адресованного молодежи и выпускавшегося 2 раза в месяц (правда, всего в течение полугода). На первой странице первого номера (1882) указывалось, что этот журнал будет освещать наиболее интересные статьи по литературе и политике, а также по научным, этическим, эстетическим и медицинским вопросам¹. В частности, в журнале была освещена проводившаяся тогда между членами ред-

¹ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 1, л. 1.

коллегии дискуссия о происхождении Вселенной, о роли любви в жизни человека (№ 10/2, л. 45).

Наивно-юношескому философскому воззрению Лебедева в известной степени импонировала и та философия, с которой он, вероятно, познакомился по специальной литературе того времени. Об этом может свидетельствовать, например, такая запись: «Философия есть поэзия рассудка (логики)» (№ 82, 25 июня 1887 г.). Лебедев начал изучать философию сначала как студент Московского императорского технического училища и продолжил, будучи уже студентом Страсбургского и Берлинского университетов.

В те времена студентам предлагали изучать книгу Д. Ж. Люиса, в которой излагалась не сама философия как таковая, а история возникновения и развития различных философских систем. С этой книгой познакомилась и старшая сестра Лебедева (Саша), которая, не разобравшись в прочитанном, просила брата, находившегося тогда в Германии, растолковать ей суть дела. В ответ на это письмо Лебедев в нескольких письмах в течение осеннего семестра 1890 г. излагал свои впечатления об этом труде и о тех философских воззрениях, которые он изучил по рекомендовавшимся в университетах Германии философским трудам.

«Книжка Люиса называется не просто „Философия“, — писал Лебедев 9 ноября 1890 г., — а „История философии“. Цель ее трактовать не о том, что люди теперь знают, а показать, как развивались теперешние знания и как смотрели на все в мире, начиная с древних мудрецов. Таким образом, книжка Люиса дает не одну философию, а неисчислимое количество различных философий, без всякой критики, без всякого замечания, что то и то в такой-то системе — чистейшая чепуха, происходящая от недостатка научных данных в те времена»².

И далее Лебедев резюмировал: в таких пособиях начинающему «...дают сразу не твердый оплот, учебник и т. д., а вводят его на болото, где черт ногу завязит». Поэтому он считал, что чтение этого труда доступно лишь тому, кто уже самостоятельно размышлял по философским проблемам и кто желает познакомиться с классификацией различных философских направлений.

² Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 38.

Под впечатлением книги Люиса Лебедев сделал попытку дать свое определение основного понятия о философии. Он писал сестре: «Цель философии — это узнать истину во всем, что доступно и известно человеку, дать ответ на всякий вопрос: почему и для чего?»³ Главное значение философии, по мнению Лебедева, состоит в нахождении такого логически непротиворечивого рассуждения, при котором истина известного уже человеку становилась бы очевидной.

Интересно привести суждение Лебедева о традиционном понимании предмета философии. Так, к определению «философия есть энциклопедия наук» он не без иронии добавляет: «... значит одним взмахом 760 побивахом». И в обоснование этого скептического замечания говорит, что ни один философ не в состоянии охватить все науки, все знания и дать им философское объяснение; те же философы, которые стремились объяснить все, исходя из одного какого-либо умозрительного принципа, встречали огромные трудности и «... сводили весь разговор к самым мудреным словам, чтобы этим средством воспрепятствовать профанам влезать в святая святых всех знаний»⁴.

«Философы, — писал далее Лебедев, — которые стремились с реальных позиций познать истину окружающего мира, подразделяли философию на четыре самостоятельных раздела в соответствии с предметами исследования:

1. Окружающая природа и законы, ею управляющие.
2. Отношение людей: этика (нравственность), политика и эстетика (искусство).
3. Познание (т. е. теория познания) и душа человека (психология).
4. Сверхчувственное, т. е. вопрос о религии...

История показывает, что до сих пор эта программа не решена ни в одном пункте — само собой понятно, что все „системы“ прежних философов имеют огромные пробелы и очень там многое просто неверно»⁵.

Далее Лебедев изложил суть предмета и задачи каждого из этих подразделов философской науки. Говоря о первом, он подчеркивал, что этот подраздел разросся в огромную область знания — «Естественные науки», ро-

³ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 39.

⁴ Там же, л. 38.

⁵ Там же, л. 39.

дона начальником которых является «Математика». И тут же указал на то, что математика есть определенная форма мышления, она является тем языком, с помощью которого мысли выражаются ясно и конкретно, что в математике царит «обыкновенная» логика. Математика породила «Механику», которая «... трактует не только описательно о движении тел, а сразу дает и величину силы, действующей при этих процессах. Законы механики применяют в самом большом масштабе на огромные тела — в астрономии, на тела, находящиеся на земле, — в физике, и они ждут еще применения на самые малые тела из всех существующих — на атомы в химии. Стремление этих трех наук заключается в объяснении всех наблюдаемых явлений чисто механическим путем»⁶.

И, как бы подводя итоги развитию естествознания, Лебедев еще раз напоминал, что прежние философы, включая и древних мудрецов, не достигали своей цели в объяснении истины, исходя из какого-либо одного принципа, потому что эти принципы носили умозрительный характер и возникали из-за недостатка научных данных. Механический же принцип образовался на базе достигнутых научных знаний и предстал, как выразился сам Лебедев, тем общим «философским камнем», который указывает на оптимистический путь достижения заветной цели прежних ученых.

Далее Лебедев остановился на том, какое значение имеют другие области «Естественных наук», — минералогия, ботаника и зоология, названные «тремя царствами природы», призванные познавать прошлое и будущее в развитии природы на Земле. При этом он подчеркивал, что цель этих областей естествознания состоит в наблюдении и обобщении фактов без объяснения более глубоких закономерностей, так как последние в конечном итоге должны быть раскрыты на базе физики и химии.

Из «трех царств природы» Лебедев особо выделил зоологию, которая включает два подраздела: физиологию и психологию, которые, по мнению Лебедева, представляют наибольший интерес. Первый подраздел предназначен изучать закономерности, управляющие общими функциональными процессами в живом и растительном мире, а второй — специфические законы функциональных про-

⁶ Там же, л. 40 об.

цессов, обуславливающих психические свойства человеческого организма. Лебедев высказал дальновидное сомнение в возможности объяснить психические явления, исходя из механического их понимания⁷. Напротив, такое объяснение процессов, протекающих во Вселенной, казалось ему вполне возможным, и он с пафосом писал: «Возьмет тогда человек эту тоненькую книжонку («Механику»), начнет читать — и перед его духовным взором встанет сама природа в своей вечно неизменной красоте — и позабудет маленький человек треволения о своей маленькой жизни и будет счастлив»⁸.

Именно к познанию мироздания на основе единства природных явлений, подчеркивал Лебедев, стремились философы прошлого, но не достигли его, «так как для этого требовался огромный эмпирический труд». Да и теперь эта задача решена не полностью. «Когда решится этот вопрос окончательно и появится чудная книжка, неизвестно, но наперед хочется дать ей эпиграф из «Космоса» одного из величайших естествоиспытателей — Александра Гумбольдта: „Природа есть единство во множестве, есть соединение разнообразного по форме и по составу в одно общее гармоническое целое“»⁹.

Из остальных трех разделов философской науки Лебедев наибольшее место отвел вначале теории познания. Воспитанный на немецких образцах, как и следовало предполагать, он во многом воспринял концепцию непознаваемости (агностицизм) того, что лежит за пределами пяти человеческих чувств.

Лебедев отмечал исключительное значение индуктивного метода развития мышления, протекающего от познания отдельных фактов до осмысления их совокупности, ибо по отдельным фактам нельзя еще судить о целом, о сущности целого, лишь взгляд сразу на все факты может оценить целостность предмета и его сущность. Отсюда следует, почему ученые ранних периодов, еще не располагавшие достаточным количеством фактов, не могли постичь истины. И теперь, по мысли Лебедева, ученые еще не располагают необходимым числом фактов, поэтому их важнейшая задача — накопление фактов.

⁷ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 4, д. 12, л. 41.

⁸ Там же, л. 42.

⁹ Там же.

Ее-то и решают ученые, причем в отличие от древних философов, «которые пытались, сидя в комнате, выдумывать все законы природы», «современные ученые не полагаются на всемогущество своего ума и изучают природу наглядно при помощи пяти чувств, чтобы посредством этих пяти чувств собрать материал и потом уже рассортировать его при помощи познания и рассуждения»¹⁰. Здесь же, подражая Канту, он писал: «И сколько бы мы ни думали, мы не додумаемся до того, что стоит вне наших пяти чувств... Мы не имеем права утверждать, что мы постигли вещи таковыми, каковы они суть на самом деле»¹¹. Всякое познание, как полагал Лебедев, исключительно относительное, ибо абсолютного познания достичь нельзя из-за ограниченности пяти чувств, в рамках которого познание может быть только относительным.

Из всего этого следует, что Лебедев еще не постиг научного понимания соотносительных свойств абсолютной и относительной истин. Лишь работая в окружении ученых Московского университета (Столетова, Тимирязева, Сеченова и др.), Лебедев, как будет показано позже, отошел от концепции агностицизма. Что же касается философских воззрений самого Лебедева, которые относятся к развитию общества и изложены им в письме от 25 ноября 1890 г.¹², то они мало отличаются от традиционных, присущих большинству естествоиспытателей XIX в.

Свои соображения о содержании этой области философии Лебедев разделил на три подраздела — отношение людей, этика и политика. Отметив, что «нравственная философия» включает в себя «счастье земной жизни» и «счастье загробной жизни», он писал, что современная философия ограничивается только первым вопросом. Этот вопрос также подразделяется на три — «счастье физической жизни», «счастье духовной жизни» и «общение людей». Стремление философов решить научно эти вопросы привели к созданию Техники, обуславливающей удобства земной жизни, к зарождению Медицины, обеспечивающей здоровье человеку, и, наконец, к Политической экономии, помогающей добывать довольство и

¹⁰ Там же, л. 54.

¹¹ Там же.

¹² Там же, л. 46—54.

богатство жизни людям. Все это подняло человека на уровень новой, прогрессивной жизни.

Духовное счастье, по мнению Лебедева, складывается из познания природы и самого себя, а также из «созерцания», включающего любовь и эстетику. При этом наука дает пищу первому элементу духовной жизни, а природа — второму. «Познание» идет по пути логического анализа фактов и приводит к аксиомам, «созерцание» же приводит к чутью правды. Угадывать истину помогает инстинкт.

Раздел «Отношение людей» Лебедев разбил на две части: личные отношения и общественные. Первая часть включает этику, юриспруденцию и учение о политике, которые определяют и регулируют взаимоотношения людей, вторая — историю развития человеческих обществ и учение о философских воззрениях. Лебедев приводит схему взаимосвязи всех элементов «нравственной философии». Подводя итоги анализа этой схемы, он сделал такое заключение: развития мышления, которому способствует изучение философии, можно достичь, изучая не все сразу, а отдельные части природы, т. е. индуктивно; на стадии познания сущности явлений и закономерностей преобладает дедукция.

В заключительной части своих «философских писем» Лебедев кратко изложил личные суждения о душе человека, полагая, что эта проблема не может еще быть правильно поставлена из-за того, что психология и физиология человека находятся в эмбриональном состоянии. Что касается «сверхчувственного», то, по мнению Лебедева, этот вопрос находится за пределами разрешения.

Зато Лебедев убежден в органической связи философии с научной деятельностью ученого. Научная деятельность не должна сводиться к решениям частных задач, вне их философского осмысления; иначе говоря, настоящие ученые не должны превращаться в «Вагнеров» — персонажа из «Фауста», или «цеховых натуралистов», о которых писал Герцен, понимая под этим людей, отворачивающихся от философского познания более глубоких истин и считающих их недостижимыми для человека¹³.

Подводя итог этим философским экскурсам, Лебедев писал сестре, что на изложенное следует смотреть не как

¹³ Герцен А. И. Письма об изучении природы. М., 1946, с. 23.

на догмы, выражающие как бы все положительное, безупречное, а лишь как на то, что может возбудить размышления по всем этим проблемам.

Свои «философские письма» Лебедев написал, когда ему было 24 года и он еще был студентом Страсбургского университета. Их поэтому вполне можно считать исповедью начинающего философа. Изложенные в письмах философские воззрения — это тот духовный багаж, с которым Лебедев вступил на путь самостоятельной научной работы. И мы можем проследить непосредственное влияние этих воззрений на всю его деятельность.

Вскоре после возвращения Лебедева в Россию и зачисления его сотрудником физической лаборатории Московского университета философские воззрения ученого по отдельным и принципиальным вопросам стали совершенствоваться. В частности, под влиянием прогрессивных русских ученых Лебедев освободился от концепции агностицизма. Так, в 1892 г. в публичной лекции, прочитанной для московской общественности и посвященной новому физическому методу познания свойств материи и закономерностей (спектральному анализу), Лебедев указал на то, что этот метод позволяет познавать и те явления и закономерности природы, которые недоступны непосредственному восприятию, что при помощи этого метода «можно заставить говорить природу в ночной тиши и рассказывать нам о сокровенной жизни иных, недосыгаемых миров и раскрыть нам тайны мироздания»¹⁴. В этой же лекции Лебедев выразил свое убеждение в беспредельности познания и гармонии теории и опыта стихотворением Я. П. Полонского:

Царство науки не знает предела, —
Всюду следы ее вечных побед,
Разума слово и дело,
Сила и свет.

Свое убеждение в доминирующей роли индуктивного метода познания неизвестного Лебедев выразил более отчетливо в другой публичной лекции, прочитанной в январе 1896 г. Он утверждал, что «только всестороннее, внимательное исследование самого явления, как оно

¹⁴ *Лебедева П. Н.* Собр. соч. М., 1963, с. 48.

совершается в природе, независимо от каких-либо теорий, может раскрыть нам сущность его»¹⁵. Например, анализируя вставший тогда вопрос об истинной природе только что открытых X-лучей, Лебедев указывал, что установить природу этих удивительных лучей можно только на базе знаний тех многосторонних их свойств, которые обнаруживаются на опыте. Философский анализ этого материала, т. е. сопоставление найденных на опыте свойств лучей и свойств хорошо известных лучей приведет к установлению истинной природы X-лучей. Попытку такого анализа осуществил сам Лебедев, положив в основу уже обнаруженные на опыте свойства этих лучей.

Философское убеждение Лебедева в том, что природа есть единство во множестве, есть соединение разнообразного по составу и форме в одно гармоничное целое, явилось для него очевидным руководящим началом в выборе и обосновании научных проблем, решениям которых он посвятил свои творческие силы. Первая проблема, которой он занялся после окончания университета, — физическое единство механизма всех взаимодействий материи.

Оценивая тогдашнюю ситуацию в физике с точки зрения этого философского убеждения, Лебедев наметил план своих экспериментальных работ. Как теперь известно, в этом плане проблема светового давления стоит в качестве частного пункта прикладного значения. Правильность философского понимания проблемы и осуществленные им предварительные математические расчеты предопределили окончательное решение об экспериментальном ее исследовании. Результат этих исследований оправдал ожидания.

Как уже говорилось ранее, элементарные законы взаимодействия материальных образований оказались тождественны в случае гидродинамических, акустических и электромагнитных волновых движений и состояли во взаимном обмене волновыми движениями между соответствующими по физической природе взаимодействующими объектами. В согласии с этим Лебедев сделал в заключительной части своей докторской диссертации (1899) следующее философское обобщение: «Полная тождественность в действии пондеромоторных сил, которая экспериментально обнаружена для столь различных ко-

¹⁵ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 149.

лебательных движений, каковы колебания электромагнитные, гидродинамические и акустические, показывает, что те элементарные законы, к которым сводятся наблюдаемые явления, должны быть независимы от физической природы данных колебаний и воспринимающих их резонаторов. В таком случае пределы применимости найденных законов должны быть чрезвычайно расширены»¹⁶.

Обобщения Лебедева по вопросу общего механизма различных взаимодействий воплощены в современной квантовой теории электромагнитного и ядерного взаимодействий, то и другое осуществляется взаимодействующими телами посредством обмена квантами промежуточного поля: виртуальными фотонами в первом случае и мезонами — во втором. В частности, на это мы уже обращали внимание, советские ученые Б. В. Дерягин с сотрудниками и физик-теоретик Е. М. Лифшиц доказали справедливость предсказания Лебедева об электромагнитной природе взаимодействия микровибраторов типа молекул и атомов. В статье «Электромагнитная природа молекулярных сил» Б. В. Дерягин писал: «Абсолютное совпадение формул Лифшица с опытом, хотя бы только для предельного случая «больших» зазоров, явилось одновременной апробацией и всей теории, в частности формул Лондона и Казимира, вытекающих из нее в качестве противоположного предельного случая. Тем самым подтверждается электромагнитная (одновременно и квантовая) природа молекулярных сил и их связь со спектром тел, угаданные Лебедевым. Таким образом, на вопрос, поставленный великим русским ученым 75 лет тому назад, сводятся ли молекулярные силы к электромагнитным или в состав их входят еще и другие силы, ответ получен. Согласно опыта с теорией Лифшица показывает, что эти силы действительно целиком электромагнитные»¹⁷.

Итак, философское убеждение Лебедева, состоящее в том, что природа есть единство во множестве, есть соединение разнообразного по составу и по форме в одно гармоничное целое, обеспечило ученому успех в решении принципиальной проблемы в физике — установлении общего для всех физических взаимодействий механизма, на базе которого была предсказана электромагнитная при-

¹⁶ Там же, с. 121.

¹⁷ Природа, 1962, № 4, с. 27.

рода взаимодействия всех микровибраторов типа атомов и молекул.

Попытки Лебедева обнаружить так называемый мировой эфир — бесструктурный и всезаполняющий вид материи, который, по всеобщему предположению, являлся носителем электрических и магнитных свойств вещества, а значит, обуславливал столь быстрое распространение света, окончились полным провалом.

Вера ученых многих поколений в существование этого гипотетического вида материи, обладающего якобы удивительными свойствами, заинтересовала Лебедева еще в школьные годы. Интерес к этой гипотезе возрос еще больше в период его творческой деятельности в Московском университете. И этому способствовало сформировавшееся убеждение в эвристичности философской доктрины о единстве мира в многообразии, о гармоничном соединении многообразия по составу и форме в одно общее целое. Это убеждение не могли поколебать ни безуспешный результат первого эксперимента Майкельсона (1881), ни результат повторного эксперимента, осуществленного уже Майкельсоном совместно с Морли в 1887 г.

Лебедев полагал, что если эфир есть носитель электрических и магнитных свойств вещества, то при движении тел в этом виде материи должно изменяться световое давление на движущиеся тела. Вскоре после поставленных им экспериментов по установлению и измерению сил светового давления (1900) Лебедев взялся за теоретическое обоснование нового пути экспериментального обнаружения эфира. Так, в статье «*Über eine Methode die Bewegung der Erde in Aether nachzuweisen*», посланной им 2 октября 1903 г. в журнал «*Ann. der Physik*»¹⁸, Лебедев изложил математическую теорию, в основе которой лежит акустический эффект Доплера, т. е. теорию, позволяющую рассчитать величину силы светового давления в случае движения тел в эфире.

Исходной предпосылкой этого расчета давления являлось, во-первых, убеждение в полной тождественности математических выражений акустического и оптического эффектов Доплера и, во-вторых, селективность поглощения света однородными телами. С учетом этого Лебедев рассмотрел случай, когда на однородные по составу

¹⁸ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 1, д. 31.

P. Lebedew, "Bewegung der Erde im Aether"

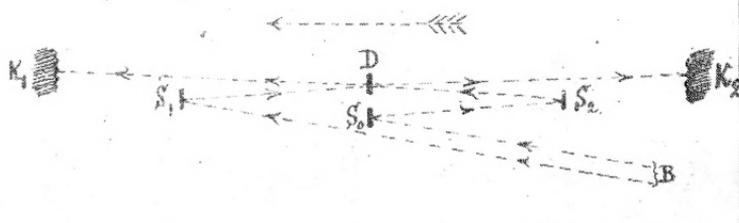


Рис. 40. Схема к пояснению теории движения Земли в эфире
B — источник света, *K*₁, *K*₂ — тела, испытывающие давление света,
S — зеркала, *D* — диафрагма

тела *K*₁ и *K*₂, жестко связанные между собой, оказывают давление два луча от одного и того же источника света *B* (рис. 40).

В случае неподвижного состояния этих тел элементарная величина интенсивности света, селективно воспринимаемого этими телами, будет определяться соотношением

$$dI_0 = cA^2v^2dv,$$

где *A* — амплитуда; *v* — частота; *c* — коэффициент пропорциональности.

Когда же тела движутся со скоростью *u* относительно источника *B*, на них будут действовать два луча с интенсивностями

$$dI' = cA^2v^2\left(1 + \frac{u}{v}\right)^2 dv$$

и

$$dI'' = cA^2v^2\left(1 - \frac{u}{v}\right)^2 dv,$$

где *v* — скорость света в среде.

Или

$$I' = I_0\left(1 + \frac{u}{v}\right)^2$$

и

$$I'' = I_0 \left(1 - \frac{u}{v}\right)^2.$$

Суммарная интенсивность, следовательно, будет равна

$$I' + I'' = 2I_0 + 2I_0 \left(\frac{u}{v}\right)^2.$$

Если, например, K_1 и K_2 будут поглощать свет больше в случае их движения, то величина светового давления может быть найдена по выражению

$$P = \frac{I' + I'' - 2I_0}{v} = 2P_0 \left(\frac{u}{v}\right)^2.$$

Величину давления света на тела можно измерить экспериментально; подставив ее в это соотношение, нетрудно подсчитать величину скорости абсолютного механического перемещения тела в эфире.

Однако П. Н. Лебедев получил от Г. А. Лорентца письмо (начало 1904 г.) и усомнился в надежности изложенного в этой статье метода определения абсолютного движения тел в мировом эфире. Он попросил редактора «Анналов физики» возвратить статью. Она так и не была опубликована, и рукопись ее хранится в Архивном наследии Лебедева.

Из переписки с Лорентцем Лебедев узнал также о том, что физики начали разочаровываться в гипотезе механического эфира и роли этого гипотетического вида материи в электромагнитных явлениях и закономерностях.

Но вскоре после анализа опытов, проведенных А. А. Эйхенвальдом в 1903 г. по исследованию конвекционных токов и токов смещения¹⁹, у Лебедева вновь затеплилась вера в возможность экспериментально доказать существование эфира. Об этом свидетельствует его письмо к Б. Б. Голицыну от 13 января 1905 г., в котором он писал: «Если у Вас когда-нибудь найдется спокойное время, чтобы протрудиться эту работу, Вы убедитесь, что выполнена она блестяще и касается очень важного вопроса неподвижности эфира в движущихся телах»²⁰.

¹⁹ *Эйхенвальд А. А. О магнитном действии тел, движущихся в электростатическом поле. М., 1904.*

²⁰ Научное наследство АН СССР, 1965, т. 1, с. 599.

Лишь после обнадеживающих успехов дискуссии по некоторым следствиям специальной теории относительности А. Эйнштейна²¹ Лебедев окончательно отказался от гипотезы существования эфира. Так, в обзорной статье, посвященной успехам физики, Лебедев писал: «Если раньше электродинамика подсказывала те приемы, которыми можно было бы попытаться обнаружить движение Земли в эфире, то теперь принцип относительности потребовал таких дополнений в электродинамике, благодаря которым все явления, захватывающие материю (а только эти явления мы и можем наблюдать), совершаются независимо от ее движения в эфире, мы можем говорить, следовательно, только об относительном движении масс друг относительно друга, а тогда эфир и его свойства, да и сама гипотеза о существовании эфира в той форме, как она понималась до настоящего времени, является уже лишней и ненужной»²².

Решительному отказу от гипотезы эфира способствовал и такой факт. Еще в 1900 г. А. А. Белопольский²³ (а затем и Б. Б. Голицын) впервые осуществил оригинальный эксперимент по обнаружению оптического эффекта Доплера; полученные данные превосходно совпадали с математическим выражением этого эффекта, рассчитанным на базе специальной теории относительности, и значительно расходились с формулой для акустического эффекта.

Однако далеко не многие ученые того времени глубоко вникли в существо этих успехов физики и решительно осуществили коренную переоценку традиционных представлений по фундаментальным вопросам науки. К числу тех ведущих физиков мира, которые впервые усмотрели революционный характер теории относительности А. Эйнштейна, принадлежит и П. Н. Лебедев. Этому безусловно способствовали не только известные тогда факты, но и общий философский уровень его воззрений. Его философские воззрения повлияли и на отход Лебедева от традиционной концепции механицизма, расцениваемой им ранее

²¹ Здесь имеется в виду дискуссия по интерпретации опытов В. Кауфмана и А. Бухерера, которые завершились признанием ограниченности опытов первого автора и надежности данных второго в соответствии со специальной теорией относительности.

²² *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 366.

²³ *Изв. АН, 1900, т. 5, вып. 13, с. 461.*

как «философский камень», позволяющий якобы разгадывать любые истины. Лебедев убедился на новых фактах, что сущность физических явлений далеко не сводится к простым механическим движениям. Об отходе от концепции механицизма свидетельствуют такие его обобщения, как сформулированная им в докторской диссертации доктрина единого механизма всех физических взаимодействий и изложенные им в 1911 г. анализы успехов физики, относящихся к новой теории теплоемкости, построенной А. Эйнштейном.

Как известно, А. Эйнштейн в 1907 г. опубликовал статью²⁴, посвященную неклассической теории теплоемкости твердых тел. Разработка такой теории была вызвана наблюдаемым на опыте уменьшением теплоемкости твердых тел с понижением температуры. Однако в 1911 г. В. Нернст²⁵ в экспериментах, ставших классическими, окончательно установил спад теплоемкости до нуля при понижении температуры до абсолютного нуля. При этом это спадение не совпадало точно с экспоненциальным законом²⁶.

Анализируя эти успехи, Лебедев пришел к выводу, что классический закон теплоемкости Дюлонга и Пти, математическое выражение которого было получено на базе классических представлений о механическом движении, является частным случаем более общего закона²⁷. И далее он подчеркивал: «При очень низких температурах не только теплоемкость, но и электрические и оптические свойства материи принимают неожиданные особенности, изучение которых позволит нам ближе подойти к электронному строению вещества». Такому знаменательному прогнозированию, конечно, способствовали и общие философские воззрения ученого.

Теперь остановимся на тех мотивах, которые побуждали П. Н. Лебедева сделать оговорку о несостоятельности традиционной гипотезы об эфире. У Лебедева, как и у многих ведущих физиков того времени, еще теплилась вера в существование какой-то иной формы, заполняю-

²⁴ Wied. Ann., 1907, v. 22, p. 180; 1911, v. 34, p. 170.

²⁵ Zs. Elektrochem., 1911, v. 17, p. 817, 1911.

²⁶ Лишь в 1912 г. Дебай развил теорию теплоемкости и установил математическое выражение закона, известного под названием «закона куба».

²⁷ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 365.

щей все мировое пространство материи. Как известно, об этом говорили многие ученые даже середины XX в., она находила свое выражение и в современной физике в попытках взять на вооружение представление о «физическом вакууме» или о «дираковском мировом фоне».

Для истории науки интересно выяснить причину традиционной устойчивости этих несовершенных представлений. Одним из факторов этой устойчивости, несомненно, являлось ограниченное философское представление о материи, движении, пространстве и времени, а также ограниченность философского понимания диалектики соотносительных свойств этих фундаментальных в науке реальностей.

Издревле укоренилось представление о том, что природа не терпит пустоты, что все мировое пространство сплошь заполнено материей. И такой материей считался эфир с его удивительными свойствами.

Все это послужило базой сформировавшегося представления о пространстве и времени как непосредственных формах существования материи. Согласно такому пониманию физической природы пространства и времени нельзя было допустить, чтобы любая и сколь угодно малая пространственная область не охватывала бы соответствующую часть материи, ибо немислимо существование формы без содержания. В таком понимании диалектики соотносительных свойств пространства и материи свойствам движения материи не отводилось непосредственного места, само движение соотносилось непосредственно только с материей (как главный атрибут) и лишь затем — с пространством и временем.

Лишь в наше время сделана попытка отчетливее представить диалектику соотносительных свойств материи, движения материи и пространства-времени²⁸. Оказалось, что пространство и время непосредственно связаны с движением материи (на этот факт обратили внимание Г. В. Гегель, Н. И. Лобачевский и В. И. Ленин), что эти реальности суть непосредственные формы проявления движения материи и опосредованные формы существования материи. Следовательно, никакое движение не может проявиться (обнаружиться) иначе, как только через пространственно-временные формы.

²⁸ См.: Ленинский этап развития философии марксизма. М., 1972, с. 238—239.

Такое понимание физической природы этих реальностей допускает существование пространственных областей, не заполненных непосредственно материальным содержанием. Существования таких областей требует и принцип универсального атомизма — принцип дискретного строения всякого вида материи и принцип дискретных свойств движения, пространства и времени. Причем сам принцип универсальной дискретности базируется на современном понимании закона инерции, в основе которого лежит фундаментальное свойство движения — способность проявляться не мгновенно, а на конечных пространственно-временных интервалах.

Но более совершенные представления о природе пространства и времени, о диалектике соотносительных свойств этих реальностей с движением материи и с самой материей, а также научное представление о таком фундаментальном законе физики, как инерция, и его новое содержание ученые того времени не могли постичь по тем же причинам, на которые указывал П. Н. Лебедев в своих «философских письмах», обосновывая многочисленные заблуждения натурфилософов далекого прошлого.

Уровень развития физики и философских воззрений естествоиспытателей того времени был еще весьма невысок, да и знания свойств движения, строения и свойств движущейся материи были еще несовершенны. Поэтому ученым того времени не так легко было философски осмыслить все достижения физики. Тем не менее философские воззрения П. Н. Лебедева были лишены идеалистических обобщений, в его трудах не находили места пропагандировавшиеся тогда такие идеалистические концепции, как «энергетизм» и «концепция нигилизма» в отношении существования материи на уровнях микромира. Не смогли поколебать научно-материалистическую основу философских убеждений Лебедева и модные в те времена философские шатания в среде естествоиспытателей, связанные с величайшим в истории науки «кризисом в физике», на базе которого зарождались и культивировались тогда различные философские и физические идеалистические течения.

Позитивный философский багаж Лебедева плодотворно сказался и на его научных прогнозах прогрессивной роли ряда только что нарождавшихся направлений в физике.

Обобщая, например, успехи по акустике, достигнутые еще до 1903 г., Лебедев предсказывал эвристическую роль исследования дисперсии ультразвуковых колебаний в познании свойств и структуры вещества. В 1911 г. эти прогнозы оправдались: Лебедев сам установил нижний предел акустических длин волн и связал их с физическими свойствами и строением вещества. Философское обобщение этого успеха в физике оказалось пророческим: на базе его родилось новое в физике научное направление, именуемое теперь «молекулярной акустикой».

Интересны философские обобщения Лебедева и в другом его обзоре успехов физики за 1911 г. Как известно, это был знаменательный год в истории физики: были достигнуты первые успехи в начавшемся штурме проблемы строения материи и окончательно разгадана тайна строения атомов (Резерфорд с сотрудниками создали ядерную модель строения атомов).

Делая обзор мировой литературы по физике, изданной за 1911 г., П. Н. Лебедев обратил внимание прежде всего на то, что в этом году был побит рекорд по числу опубликованных исследований строения материи и по их значению для науки.

«Наибольший интерес и наибольшее число работ по физике, — указывал Лебедев в этом обзоре, — сосредоточили в себе в истекшем году вопросы, которые связаны с исследованием строения материи из атомов положительного и отрицательного электричества: работы, сюда относящиеся, охватывают как оптические свойства материи, так и излучение самопроизвольного распада вещества (радиоактивные явления) и разложения материи на ее составные электрические части внешними силами (ионизация светом и электрическими разрядами). Как очень интересную работу в этой области можно отметить исследования лучей положительного электричества, сделанные сэром Джозефом Томсоном... в приложении к исследованию продуктов радиоактивного распада новый метод Томсона обещает дать очень интересные результаты»²⁹.

Почему Лебедев отметил как «наиболее успешную и важную» работу Томсона? Дело в том, что метод Томсона впервые указал надежный путь для второго штурма проб-

²⁹ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 364.

лемы строения материи — проблемы строения атомных ядер. Метод Томсона оказался удивительно чувствительным, позволяющим с небывалой точностью измерить атомные массы. Этот путь продолжил впоследствии ученик Томсона Ф. У. Астон, который впервые установил атомную изотопию, оказавшуюся первой победой на пути решения проблемы строения атомных ядер.

Как и предсказывали философы того времени, материя не исчезла (тогда некоторые влиятельные естествоиспытатели утверждали обратное), а исчез предел прежних знаний о строении материи, и познание материи идет вглубь, оно неисчерпаемо. Эти философские воззрения выступают и в приведенных выше суждениях П. Н. Лебедева.

Организатор науки

По мере развития науки как системы генерирования знаний о конкретных законах природы, общества и мышления научные достижения оказывали все большее влияние на социальные уклады общественных формаций.

Роль науки начала наиболее заметно сказываться в XIX в., обусловив социальный прогресс такими открытиями, которые предопределили развитие теплоэнергетики, электроэнергетики, химии и других областей знания. Уже в середине XIX в. наметился процесс научно-технической революции. Но еще до этих признаков дальновидные мыслители стали все чаще и чаще говорить о решающей роли науки в прогрессе социальных сфер жизни и призывать ученых к усилению их деятельности, к эзотеричности самой науки.

Критика распространенного тогда эзотерического духа деятельности ученых и призывы поставить науку на службу социальному прогрессу общества стали особенно заметными во второй половине XIX в. Они доходили и до подрастающего поколения и оказали влияние на Петю Лебедева.

Уже в юные годы у Лебедева сформировались убеждения в особой пользе труда ученых и в прогрессивной политической и этической роли творцов науки для развивающегося общества, повышения его экономического потенциала и коренного улучшения социальных сфер жизни.

Одержав первую победу на научном поприще и возвратясь на родину, П. Н. Лебедев сразу же начал пропагандировать особую пользу научного труда для экономического и культурного прогресса России, а затем с энтузиазмом взялся за организацию научной школы физиков с целью подготовки отечественных кадров ученых.

Демократические убеждения и деятельность Лебедева вскоре были замечены и оценены московскими учеными-демократами И. М. Сеченовым, В. В. Марковниковым, К. А. Тимирязевым, А. Г. Столетовым, Н. Е. Жуковским и другими, которые приняли молодого физика в члены негласного «союза ученых-демократов».

Основная политическая программа российских ученых-демократов может быть охарактеризована такими словами К. А. Тимирязева: «Цивилизованные народы уже сознают, что залог успеха в мировом состязании лежит не только в золоте и железе, даже не в одном труде пахаря в поле, рабочего в мастерской, но и делающей этот труд плодотворным творческой мысли ученого в лаборатории»³⁰.

Эта программа находила выражение в гармоничном сочетании научной деятельности российских ученых-демократов с их передовыми по тому времени политическими и этическими воззрениями. Эти ученые выступали революционерами в области развития науки, тогда как в области социальной структуры страны их воззрения носили скорее либерально-демократический характер. Как и прогрессивная интеллигенция России конца XIX и начала XX в., они отрицательно относились к монархическому строю. Однако боролись с ним они еще робко, в основном протестуя против неверия в творческие способности русского народа. Но так или иначе ученые-демократы способствовали расшатыванию устоев монархии и тем самым помогали лучшим сынам России бороться за свержение самодержавия.

Лишь после того как Лебедев достиг научной славы, он понял и свою политическую миссию: подготовка научных кадров, осуществление реформ по усовершенствованию условий научной работы, борьба за творческое объединение физиков России. При этом успех выполнения намеченного во многом зависел от его политических убеждений, от этических норм его поведения. Гармоническое

³⁰ Тимирязев К. А. Наука и демократия. М., 1963, с. 72.

сочетание этих качеств у Лебедева особенно положительно сказалось на его борьбе за организацию первой крупной научной школы физиков в России.

Чтобы преодолеть материальные трудности, в условиях высшего учебного заведения того времени создать базу для научных исследований целого коллектива, Лебедев вначале воспользовался поддержкой заведовавшего тогда лабораториями общего физического практикума профессора А. П. Соколова, предоставившего ученому для организации научных работ студентов помещение и часть приборов своей лаборатории. В перспективе намечалось учредить три физических отделения в новом здании, строящемся специально для Физического института Московского университета, одним из которых должен был руководить П. Н. Лебедев.

Но после завершения строительства института в начале 1904 г. осуществлению планов Лебедева помешали те, кто не разделял политической программы «союза ученых-демократов». Ничего не дало и обращение Лебедева к высшим чиновникам народного образования, ответившим формальной отпиской на справедливый протест штатного профессора Московского университета. По свидетельству учеников, Лебедев довольно остроумно расценил возникшую ситуацию. Он сравнил ее со свойствами сложного физического маятника, составленного из чугунных болванок разной массивности, подвешенных к потолку в последовательном порядке в соответствии с пропорционально убывающими весами: придать такому маятнику синхронное колебание, раскачивая за нижнюю, пятипудовую, невозможно ни практически, ни теоретически.

Вопреки реакционным силам Московского университета и благодаря моральной поддержке ученых-демократов Лебедев продолжал отбирать среди студентов наиболее талантливых и решительных учеников, силами которых начал создавать производственную базу будущего научного центра. Он ввел неписаное правило, согласно которому каждый новичок должен был научиться работать в мастерской и самостоятельно изготавливать для своих исследований необходимые детали и несложные приборы. В результате чиновники стали поговаривать, что у Лебедева не научная лаборатория, а обучение слесарному делу.

Численному росту научной школы физиков способствовали и лекции по факультативному курсу «Современные

задачи физики», которые Лебедев читал с 1903 г. Этими лекциями, раньше никогда не читавшимися в Московском университете, Лебедев подготавливал своих учеников к творческой деятельности.

Вскоре научная школа Лебедева стала известна научной общественности России. Из многих высших учебных заведений страны к Лебедеву все чаще стали обращаться с просьбами рекомендовать для работы кого-либо из его учеников. И Лебедев охотно откликался на них: его наиболее талантливые и хорошо зарекомендовавшие себя ученики разъезжались, чтобы продолжать благородное дело своего учителя — развитие научных исследований по физике.

Хотя научная школа физиков в России достигла полного расцвета, однако Лебедев как ее руководитель был еще далеко не удовлетворен достигнутым. Именно в этот период он выступил за необходимость создания более совершенных условий для творческой деятельности отечественных физиков, и в первую очередь за раскрепощение ученых от «учебной барщины» и усовершенствование организационных форм объединения русских физиков. Дело в том, что отсутствие в России специальных научно-исследовательских лабораторий и институтов со штатом сотрудников, свободных от учебной работы, побудило многих учеников Лебедева, подобно их учителю, браться за педагогическую работу в тех учебных заведениях, где существовали хотя бы малейшие условия для организации научных лабораторий. Тем ученикам, которым это не удавалось, Лебедев предоставлял работу в своей лаборатории без материального вознаграждения. Им приходилось зарабатывать себе на прожиточный минимум либо преподаванием в гимназиях и реальных училищах, либо работой в учреждениях, имеющих какое-либо отношение к технике. Все это, несомненно, тормозило ход непосредственных исследований и сказывалось на темпе научного роста молодых физиков.

П. Н. Лебедев не переставал думать об организации свободных от учебной работы научно-исследовательских лабораторий по типу Королевского института в Англии, институтов Карнеги и Нобеля в Америке и Швеции. Ученый был убежден, что при высших учебных заведениях и даже средних учебных заведениях можно и должно проводить научные исследования, дабы не только обогатить

научное наследие страны, но и приобщить к науке как можно больше молодежи. Лебедев считал, что рано или поздно чиновники просвещения должны будут реформировать «учебную барщину» и создать условия, позволяющие разумно сочетать учебную работу с научной.

Наибольшего накала политическая борьба за «раскрепощение» творцов науки достигла 19 февраля 1911 г., в 50-летний юбилей отмены в России крепостного права. В это время, как уже говорилось, Московский университет потрясли события, вызванные одним из острых моментов политической борьбы передовой интеллигенции и студенчества против реакционных сил самодержавного правительства.

Вот что писал П. Н. Лебедев по этому поводу в статье «Русское общество и русские национальные лаборатории», опубликованной 21 апреля 1911 г. в газете «Русские ведомости»: «Потрясения, которые переживала академическая жизнь в России в текущем году, невольно заставили задуматься и о судьбе русской науки потому, что работы по опытным наукам, которые требуют больших вспомогательных средств и специальных лабораторий, связаны у нас с пользованием помещениями университетов или других высших учебных заведений, а право работать в них в свою очередь связано с преподавательскими обязанностями; научные работы не входят в прямые задачи учебных учреждений, они только пользуются их гостеприимством. При таких условиях работать возможно лишь в свободное от занятий время, и правильный ход научных исследований поставлен в тесную зависимость от правильного хода академической жизни приютивших их учреждений».

Лебедев открыто упрекнул правительство в нежелании помочь развитию отечественной науки: «Русский ученый, у которого есть и способности, и желание работать в области чистой науки, волею судеб поставлен в особенно тяжелые условия благодаря своей крепостной зависимости от учебных учреждений, и если мы теперь, в годовщину 19 февраля, с жутким чувством читали воспоминания о том, как бере помыкали крепостными художниками и заставляли их красить заборы, то, может быть, с таким же жутким чувством наши потомки через пятьдесят лет будут читать воспоминания о той учебной барщине, которую отбывали Менделеев, Сеченов, Столетов и ныне здравствующие крупные русские ученые, чтобы только

получить право проводить свои ученые работы, чтобы оплатить возможность прославить Россию своими открытиями».

Ученый верил в патриотические чувства представителей российской общественности и стремился пробудить в их сознании нравственную ответственность за развитие науки в стране. «Если русское общество захочет подать руку помощи своим ученым, — писал Лебедев, — если оно осознает свою нравственную обязанность перед лицом всего человечества поставить науку в такие условия, в которых она могла бы свободно жить и развиваться, если оно пожелает на будущее время оградить ее от неожиданных потрясений, общество может сделать это, принимая участие в создании ряда отдельных, специально приспособленных лабораторий, посвященных исключительно научным исследованиям и совершенно не зависящих от учреждений, преследующих сугубо учебные цели».

Далее Лебедев остановился на практических вопросах организации в стране научных очагов. При этом указал на коэффициент полезного действия науки в развитии социальных сфер жизни. Лебедев привел пример из истории научно-технического прогресса XIX в.: в 1833 г. бывший помощник переплетчика Михаил Фарадей, передвигая моток медной проволоки около магнита, заметил появление слабого электрического тока. Никто тогда не подозревал, что это научное открытие станет эпохальным и ляжет в основу научно-технической революции. Лишь во второй половине XIX в. на основе этого открытия были построены электростанции, генерирующие миллионы лошадиных сил электрической мощности.

Высокий КПД этих мощностей, удобство передачи, широкий круг использования — все это принесло огромную экономическую выгоду. Вложенные капиталы на науку дали обществу баснословные прибыли. Если бы человечество задумало расплатиться с Фарадеем за одно это открытие, то оно, пожалуй, не смогло бы этого сделать: вклад этого открытия в общечеловеческое богатство не поддается оценке.

Российская общественность охотно откликнулась на призыв Лебедева: уже первые частные пожертвования достигли суммы 15 тыс. руб. и были использованы для организации физической лаборатории, предназначенной для

продолжения научных работ самого Лебедева и его учеников.

Но это был лишь первый шаг к заветной цели. 8 ноября 1911 г. Лебедев вновь выступил на страницах «Русских ведомостей» с призывом к общественности помочь оградить талантливых ученых от преследований со стороны реакционных сил. Это выступление, озаглавленное «Памяти первого русского ученого», Лебедев приурочил к 200-летию со дня рождения М. В. Ломоносова. Интересно, что эпиграфом к статье он избрал следующие слова Ломоносова: «Я вижу, что должен умереть, и спокойно смотрю на смерть, жалею только о том, что не мог совершить всего того, что предпринял для пользы отечества, для приращения наук и для славы академии, и теперь при конце моей жизни должен видеть, что все мои полезные намерения исчезнут вместе со мной».

В этой статье Лебедев направил острие пера против реакционных сил в стране, которые как во времена Ломоносова, так и после его смерти душили творчество отечественных ученых. Лебедев напомнил, что спустя 50 лет после смерти этого русского гиганта науки были преданы забвению его замечательные научные труды в разных областях науки и русской культуры.

«Не посчастливилось и самому дорогому детищу Ломоносова — университетам... — писал Лебедев, — вызванные к жизни настоящим ученым, предназначенные им служить учеными центрами и оплотами научной деятельности в России, они в руках преемников... обратились в скромные учебные заведения, в которых пребывание наук не обязательно, а если и разрешается, только в свободное от занятий время»³¹.

Ломоносов положил все силы души на то, чтобы создать в России благоприятные условия для развития науки и творческих сил трудового народа, однако, как подчеркивал Лебедев, за 200 лет после него Россия не далеко ушла вперед: «...если присмотреться к работе наших выдающихся ученых, то приходится утверждать, что в большинстве случаев они дали крупные исследования не благодаря тем условиям, в которых они работали в России, а вопреки им... надо было бы спросить тех, кто близко знает ломоносовские условия, в которых поставлены русские

³¹ *Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 352.*

ученые исследования и с которыми должна бороться за свое существование русская ученая школа, чтобы поверить, какое число уже начатых интересных исследований, как и у Ломоносова, неожиданно обрывается, какое число людей с несомненными проблесками таланта гибнет благодаря им и для науки, и для страны: числа эти ужасающие».

И, подводя итоги, П. Н. Лебедев вновь обращался к российскому обществу: «Если бы русское общество, вспоминая все то, что оно получило в наследство от реформатора своего языка и своей умственной культуры, захотело не словом, а делом выразить признательность Ломоносову, оно могло бы сделать это, осуществляя заветную мечту первого русского ученого — создавая и обеспечивая в России такие центры нашей научной работы, в которых эта работа могла бы идти беспрепятственно... Заботясь об успехах науки, общество будет заботиться о себе самом: не увлекающийся поэт, а зрелый мыслитель, много переумавший и перечувствовавший, взвешивая каждое слово, писал:

Науки юношей питают,
Отраду старцам подают,
В счастливой жизни украшают,
В несчастный случай берегут».

Конечно, такой политический акцент в обращении к российской общественности не мог не получить должной оценки в прогрессивных кругах. Борьба Лебедева увенчалась успехом: он спас первую крупную научную школу физиков в России. Этот процесс завершился созданием в 1916 г. первого в России научно-исследовательского института, директором которого стал ученик Лебедева П. П. Лазарев, только что избранный в действительные члены Академии наук.

В 1934 г. после переезда Академии наук в Москву этот крупнейший в стране научный центр в области физики и биофизики был преобразован в институт АН СССР и стал называться Физическим институтом им. П. Н. Лебедева.

По мысли Лебедева, рамки условий, благоприятных для творческой деятельности ученых, не ограничиваются только материальной базой. Научная деятельность, считал он, станет наиболее плодотворной лишь тогда, когда ученый сможет свободно сообщать о своих успехах общест-

венности всего мира, используя для этого печать и другие средства информации. В этом случае полученные результаты можно быстро реализовать практически на благо человечества и научного прогресса.

Лебедев впервые столкнулся с косностью тогдашней русской печати еще в 1891 г., когда редакция «Известий Академии наук» отказалась опубликовать его, теперь хорошо известную, статью «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел». Об этом Лебедев писал в дневнике: «Сегодня В. К. Цераский объявил, что мое сообщение не будет напечатано в Академии наук: в тех книжках, по которым они учились, об этом не говорится» (№ 90, с. 144). Вскоре после этого случая Лебедев узнал, что аналогичная ситуация сложилась и в «Журнале Русского физико-химического общества». Оказалось, что виной всему не случайно проявившаяся некомпетентность или недалководидность редакторов, а сама организационная система тогдашней научной печати. Например, в то время члены редакции ЖРФХО и его руководство не несли какой-либо ответственности за допускаемые промахи в отборе материалов для публикации. Больше того, часто случалось, что решение редактора принять или отклонить рукопись было продиктовано его личными симпатиями или антипатиями к авторам статей.

Лебедев считал, что с целью усовершенствовать деятельность этого журнала необходимо его физический раздел превратить в самостоятельный физический журнал. В 1903 г. он писал редактору ЖРФХО Н. А. Булгакову: «В интересах русских физиков было бы полезно объединиться в общем физическом журнале. Однако моя попытка открытой пропаганды этой мысли потерпела фиаско: она задевала самолюбие лиц, редактировавших издания «собственных» обществ и в радикальной форме будет отвергнута, если не на словах, то на деле. Может, этот первый шаг повлечет за собой дальнейшее развитие, и впоследствии русские физики скажут Вам спасибо за то, что Вы способствовали их объединению»³².

Вскоре журнал РФХО разделился на два самостоятельных органа. Однако в их организационной системе еще долго сохранялись некоторые недостатки, присущие старой редакции, в частности печатались статьи, по по-

³² Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 70, л. 126—133.

воду которых Лебедеву нередко приходилось выступать на страницах физического журнала с критикой элементарных ошибок, пропущенных авторами и редакторами.

Путь к устранению этих несовершенств Лебедев видел в укреплении редакции и штата рецензентов (кураторий) квалифицированным руководителем, в расширении числа членов редколлегии за счет наиболее крупных физиков России. О своих предложениях в этой области он сообщил, в частности, в письмах к Б. Б. Голицыну, В. К. Лебединскому, И. И. Боргману и О. Д. Хвольсону. По мысли Лебедева, они сводились к следующему: 1) Отстранить главного редактора, как не справившегося со своими обязанностями. 2) Ввести в состав куратория П. Эренфеста, как проявившего себя «превосходным теоретиком», и избрать его главой куратория журнала. 3) Расширить кураторий, избрав в него П. П. Лазарева и А. Ф. Иоффе.

Усилия Лебедева увенчались успехом. Вскоре редколлегия журналов пополнилась молодыми физиками из Петербурга. Однако в ее состав не был введен москвич П. П. Лазарев. Лебедев категорически протестовал против такого «местнического» решения. 17 января 1911 г. он сообщил в редакцию, что если туда не введут Лазарева, он будет вынужден выйти из состава куратория журнала³³. Одновременно Лебедев пришел к выводу о необходимости усовершенствования Устава РФХО и создания самостоятельного физического общества, руководящий состав которого обязан беспристрастно и систематически контролировать работу редколлегии журнала.

И Лебедев повел пропаганду за организацию Российского физического общества (РФО). В 1912 г. пришел первый успех: было создано Московское физическое общество (МФО), которому в дальнейшем было присвоено имя П. Н. Лебедева. В первые годы Советской власти ученикам Лебедева удалось довести до конца дело, начатое их учителем: МФО им. П. Н. Лебедева объединилось с физическим отделением РФХО и вскоре на базе этого союза возникло Российское физическое общество, секретарем которого стал А. К. Тимирязев. Благодаря созданию РФО русским физикам удалось выйти на международную арену. На всех съездах РФО, впоследствии преобразован-

³³ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 71, л. 154; д. 72, лл. 22—38, 53, 69, 71.

ного во Всесоюзную ассоциацию физиков (ВАФ), председателем которого был избран А. Ф. Иоффе, присутствовали крупные зарубежные ученые³⁴.

Завещанное П. Н. Лебедевым объединение физиков страны, наконец, завершилось. Одновременно при РФО был учрежден самостоятельный журнал (ныне — ЖЭТФ). П. П. Лазарев осуществил и вторую заветную мечту своего учителя — организовал в 1948 г. журнал, предназначенный для обзоров успехов физики. Журнал «Успехи физических наук» до сих пор издается в нашей стране и хорошо известен ученым всего мира.

П. Н. Лебедев оставил по себе память не только своими научными победами и благородной общественно-политической деятельностью. Это был обаятельный человек, патриот в самом высоком значении этого слова. Любовь к Родине, преданность науке сочетались в нем с многосторонними способностями. Он любил искусство и увлекался спортом.

Наиболее привлекательной и отличительной чертой характера Лебедева была его исключительная добропорядочность. Он был лишен таких человеческих слабостей, как зависть и боязнь, что кто-нибудь может его в чем-то опередить. Создавая свои труды, Лебедев считал своей обязанностью отдать в них должное своим предшественникам, имевшим хоть какое-то отношение к его идеям. Возникавшие у него многочисленные и оригинальные идеи и экспериментальные проекты он бескорыстно дарил своим ученикам и сотрудникам, не претендуя на соавторство даже в том случае, когда работа осуществлялась под его непосредственным руководством и при конкретной помощи. Лебедев специально держал в лаборатории свои научные дневники и советовал всем желающим познакомиться с занесенными в них идеями и экспериментальными проектами. При этом он говорил: «Читайте и выбирайте для себя все то, что вас более всего интересует».

Сам Лебедев оставил в наследство отечественной и мировой науке 22 оригинальных труда, которые были им выполнены за 22 года нелегкой творческой деятельности. Как и многие выдающиеся деятели науки, Лебедев считал, что творческий потенциал ученого определяется не

³⁴ В 30-х годах это общество фактически прекратило свою деятельность: его руководство сочло более целесообразным проводить конференции по узкоспециализированным направлениям.

числом опубликованных в печати трудов, а их качеством, значением для прогресса науки. Известны ученые, которые оставили всего два-три труда, но зато сыграли решающую роль в истории науки. Существует такое суждение, что личное знакомство с крупными деятелями лишает их ореола славы, что великое видно лишь на расстоянии. Действительно, в истории физики такие случаи известны.

П. Н. Лебедев принадлежал к тем, чье значение как творца науки сочеталось с личным обаянием. По свидетельству друзей и учеников, личность Лебедева не менее интересна, чем его научные труды. Как профессор университета и руководитель научной школы Лебедев выделялся умением держать себя в любом обществе, начиная от университетских профессоров и кончая студентами и учениками. Он был очень красив и всегда со вкусом одевался. Часто после коллоквиумов он отправлялся со своими учениками в небольшой ресторан на Большой Дмитровке и за нехитрым ужином и кружкой пива продолжал научный семинар. Лебедев любил и умел красочно и увлекательно рассказывать интересные случаи из жизни и деятельности лично знакомых ему физиков, а также ученых далекого прошлого. При этом он в ярких красках рисовал перспективы развития отдельных научных направлений физики. Такие необычные научно-педагогические «семинары» нередко заканчивались за полночь.

С юных лет Лебедев любил музыку, посещал театры и концерты, читал художественную литературу. По четвергам у него дома собирались друзья и кто-нибудь непременно пел или играл. Актриса А. Н. Амфитеатрова-Левинская, с которой у Лебедева еще в юные годы установились дружеские отношения, в своих воспоминаниях о Лебедеве пишет: «Высокий ростом, крепкий от природы, с открытым, одухотворенным лицом, с синими выразительными глазами, П. Н. недаром слыл красавцем. Его обаяние заключалось не только во внешней красоте — им была проникнута вся его глубокая, недюжинная натура. Мы встречались в каждом симфоническом концерте. П. Н. очень любил музыку, великолепно понимал ее, тонко и правильно разбирал как оркестровое, так и сольное исполнение... Не выносил он дутых знаменитостей и довольно зло их вышучивал. Но о талантливых артистах П. Н. отзывался иначе. Так, например, несколько позже в Москве появилась русская камерная певица, имевшая колоссаль-

ный успех... и я поинтересовалась узнать мнение о ней П. Н. „Это несомненный талант, — ответил Лебедев. — Голос у нее некрасивый, сама она неинтересна, но исполнение такое тонкое и музыкальное, что перестаешь замечать и раскосые глаза и скверный голос“»³⁵.

Недюжинная натура Лебедева и его обаяние особенно привлекли к себе внимание ведущего артиста Московского Художественного театра В. И. Качалова. Впоследствии народный артист СССР писал, что личное знакомство с профессором П. Н. Лебедевым, с его обаятельностью и одержимой любовью к науке помогли ему, Качалову, успешно сыграть роль Протасова в пьесе А. М. Горького «Дети Солнца»³⁶.

Удивительно похож на Лебедева Яков Богомолов — герой одноименной пьесы А. М. Горького. Можно подумать, что философию своего героя, его «веру в разум» Горький «заимствовал» у П. Н. Лебедева. На эту «лебедевскую философию» обратила внимание А. Н. Амфитеатрова-Левицкая, цитируя строки из письма Лебедева: «У меня на первом плане стоит разум, а не непосредственное чувство; может быть, я слишком глубоко *верю* в *разум* и потому слепо стараюсь идти за ним»³⁷.

В одном из писем к актрисе Лебедев писал о проводимых у него по четвергам «сборищах»: «На этих сборищах никаких „вопросов“ не возбуждается: ни общественных, ни художественных, — мы проводим время, как истинно, в душе, некультурные русские люди; мы проводим его естественно, как то и подобает, *честно*, отворачиваясь от фарисейства „интеллигентных фарисеев“, которые „волнуются“ по поводу всех тех вопросов, в которых у них нет права решающего голоса, а врожденная рабья трусость не позволяет перейти от болтовни к делу: наболтав вечером три короба „благородных“ пошлостей и банальностей, они расходятся, чтобы с утра, совершенно независимо от вчерашней болтовни, в своей „деятельности“ нанизывать одну мизерную подлость на другую (для крупной у них храбрости не хватает). Я очень ревниво оберегаю этот кружок от вторжения „интеллигента“, а вместе с ним всякого мещанства мыслителей и разговоров, —

³⁵ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 124—125.

³⁶ Ежегодник Московского Художественного театра. М., 1943, с. 196.

³⁷ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 122.

резко и определенно уклоняюсь я от своих сослуживцев, которых ценю только по их действиям, а не по болтовне. Мы проводим время как отдыхающие папуасы, с той разницей, что не снимаем галстуков»³⁸.

Встречаясь часто с Лебедевым в житейской обстановке, А. Н. Амфитеатрова-Левицкая постоянно чувствовала величие его души и имела возможность лично наблюдать многогранность его необыкновенной природы. Лебедев брезгливо относился к любому аморальному поступку и забвению этических норм поведения, особенно если эти человеческие слабости проявлялись соотечественниками на глазах у иностранцев. Об одном таком случае поведала А. Н. Амфитеатрова-Левицкая.

По случаю одного торжественного события в России представители русской прессы устроили в Эрмитаже банкет для иностранных корреспондентов, прибывших на это торжество в Москву. Общей политической линией было «желание сближения русской и иностранной прессы». На этот банкет были приглашены представители русской интеллигенции, в числе которых был П. Н. Лебедев и А. Н. Амфитеатрова-Левицкая.

На банкете к Лебедеву обратился на ломаном французском языке представитель японской прессы и, извиняясь, попросил перевести, что написали ему «на память русские писатели». Лебедев спокойно прочел «надписи» и, возвращая их японцу, посоветовал уничтожить эти карточки как не содержащие ничего интересного.

«Ах, пакостники», — заметил Лебедев, сидя уже в калитке. — «Это Вы про кого?» — спросила актриса. — «Про этих, по мнению японца, „русских писателей“. Вы себе представить не можете, каких мерзостей они наговорили японцу „на память“. Они даже сообразить не смогли, что, издеваясь над человеком, продемонстрировали свое умственное убожество и грубый цинизм. Японец, конечно, не внял моему совету и пошел справляться у других, что содержит в себе эта „память“. Я уверен, что он, надписывая свои карточки „русским писателям“, не додумался до такой „блестящей“ идеи»³⁹.

Лебедев считал, что всем, что есть в нем хорошего, он прежде всего обязан своей матери. В 1897 г. в связи с ее

³⁸ Там же, с. 35.

³⁹ Там же, с. 129.

смертью он писал: «Я схоронил мать, которую любил больше всего на свете, а с нею и все, что как бы было во мне хорошего: она верила в мой талант, и я беззаботно работал, думая, что он у меня есть: она строго относилась ко всем моим недостаткам — и я старался не проявлять их. К своим успехам я всегда относился индифферентно, но всякий такой успех, вызывавший ее всегда очень правильное одобрение, становился для меня реальным фактором. Она для меня была моей совестью: мне в голову не мог прийти какой-нибудь поступок, о котором я не мог бы ей вечером рассказать. И она любила меня так, как только мать может любить: одновременно разумно и беспредельно. И это я знал. Теперь ее нет, и я потерял надежду приучить себя к ужасу полного одиночества»⁴⁰.

Еще при жизни матери Лебедев шутливо, но искренне писал ей: «Если когда-нибудь мне поставят памятник, то твое имя и бюст будут стоять рядом»⁴¹.

Педагогические взгляды

Вопросы о том, как учить и чему учить, как воспитывать и какие жизненные нормативы прививать обучающимся, вставали еще в древние времена. Однако на разных уровнях развития общественных формаций эти вопросы решались по-разному. Лишь по мере развития наук и человеческой культуры, по мере превращения науки в один из слагаемых элементов производительных сил общества эти вопросы стали решаться все более научно и составили в итоге основу педагогики как науки о методах и содержании обучения и воспитания членов общества.

В первый период развития педагогики наибольшее место занимали вопросы обучения и воспитания на начальных фазах формирования личности, а методы и содержание обучения высококвалифицированных специалистов (в высших учебных заведениях) начали развиваться во второй половине XIX в. и не утратили своей злободневности в наше время.

⁴⁰ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 4, с. 608.

⁴¹ Там же, с. 564.

Само собой разумеется, что и содержание, и форма обучения и воспитания в условиях различных общественных формаций приспособляются к интересам господствующего класса. Классовый характер обучения и воспитания накладывает отпечаток и на взаимоотношения между обучающими и учащимися. Одной из характерных сторон этого взаимоотношения в классовых обществах являлось беспредельное господство первых и безропотное подчинение вторых. Такой порядок снижал самостоятельность обучающихся.

П. Н. Лебедев, как и многие передовые люди, сознавал, что все ученые в существовавших тогда условиях должны взять на себя нелегкую роль учителя и воспитателя молодого поколения и что успех этой деятельности определяется не только педагогическими воззрениями, но и практическим мастерством преподавателя. Потому он не воспринимал тогдашние педагогические нормативы традиционно и подходил к ним как истинный естествоиспытатель, стремясь научно обоснованно решать вопросы, как учить и чему учить, как воспитывать и какие моральные качества прививать обучающимся.

Не претендуя на исчерпывающую полноту характеристики педагогических воззрений Лебедева, остановимся кратко лишь на более интересном, что может стать предметом специального исследования и может служить иллюстрацией при научном анализе педагогических проблем высшей школы.

Лебедеву не довелось учить и воспитывать детей, однако у него сложились некоторые определенные взгляды и на начальное обучение, закладывающее необходимую основу в воспитании будущего члена общества. Лебедев во главу угла ставил прежде всего не принуждение, а естественное развитие и формирование самостоятельности без неременной опеки и безоговорочного подавления со стороны педагогов.

Эти убеждения Лебедев изложил в одном из писем⁴² к актрисе А. Н. Амфитеатровой-Левицкой, которая просила дать ей совет, как воспитывать сына. Узнав, что актриса балует и изнеживает мальчика, Лебедев прежде всего пожурил ее за это, а затем обратил внимание на главное: «Прежде всего и главное всего это то, чтобы развить,

⁴² Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 129—130.

или, вернее, дать развиваться в ребенке самостоятельности, чтобы ребенок не чувствовал над собой кого-нибудь, кто за него думает и, защищая его, становится между ним и действительной жизнью, тем самым парализуя в нем естественную живую энергию и направляя его к чему-то теоретическому, прописному или фантастическому. Компания сверстников-товарищей — вот кто принесет огромную пользу, заставляя ребенка жить естественной его возрасту соответствующей жизнью, разовьет в нем наблюдательность, умение выгородить собственное „я“, столкнется с реальными запросами его маленькой жизни и удержит от такого фантазирования, от того книжного тумана, которого Вы так боитесь... Всякий мальчик, особенно растущий в женском обществе, начиная понимать, чувствует, что его естественный идеал расходится с женским пониманием, он видит и чувствует его, догадываясь, в „зрелом мужчине“»⁴³.

Эти соображения Лебедев подкрепил примерами из последней главы «Войны и мира» Льва Толстого и тем самым как бы сделал намек на ту педагогическую практику писателя земли русской, которая протекала в Ясной Поляне и которая наделала немало шума в российском обществе.

В представлениях П. Н. Лебедева самый смысл термина «самостоятельность» являлся одним из главных педагогических обобщений, он служил руководящим принципом при решении таких вопросов: как учить и чему учить и как воспитывать и какие моральные качества должен иметь будущий творческий работник.

Убеждения Лебедева в первостепенной важности этого педагогического обобщения, по-видимому, рождены его личным опытом начального знакомства с физикой. Хорошо известно, что уровень представлений о ряде физических явлений и закономерностей во второй половине XIX в. был невысок, да и сама физическая наука содержала в себе еще немало надуманного. Современник в учебных пособиях по физике той поры легко обнаружит удивительные несообразности в описаниях физических явлений и закономерностей. Обучающему и обучающимся по таким пособиям приходилось иметь дело с весьма примитивными представлениями.

⁴³ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 130.

Лебедев сам сталкивался с подобными несуразностями, обучаясь в коммерческом училище. Об одном таком факте мы узнаем из заметки, помещенной в письменном журнале «Познай самого себя» и посвященной безыменному учителю физики. Заметка так и называлась «Физику!». В ней говорилось: «Любезнейший физик, навязывающий свои познания всякому встречному и поперечному только для того, чтобы показать, что Вы их понимаете, советую Вам прочитать басню Крылова „Демьянова уха“, а также принять ее к сведению. А то ведь над Вами смеются»⁴⁴.

Однако догматическое восприятие представлений о физике, навязанное наукой второй половины XIX в., Лебедеву обошлось дорого. Вспомним его увлечение униполярной машиной, инерцией тока, эфирным происхождением электричества и магнетизма и многими другими фантастическими представлениями. Видимо, обобщая свой собственный опыт, Лебедев пришел к выводу, что «надо собственным умом доходить до понимания сотворения мира».

Наиболее ярко выражен был этот педагогический принцип в деятельности учителя Лебедева — Августа Кундта. Вот как характеризовал он педагогические качества этого ученого: «Если Кундт как ученый, являясь нам во всем блеске своего таланта, занимает одно из первых мест среди современных ему физиков, то Кундт как учитель представляет собою совершенно исключительное явление как лектор и руководитель будущих деятелей»⁴⁵.

И главным, по мнению Лебедева, был оригинальный подход Кундта к анализу программных вопросов физики, лишенный какого бы то ни было начетничества. Кундт излагал материал творчески и давал критический анализ того, что содержало в себе еще немало туманного и фантастического.

«Кундт никогда не учил догматически, — писал Лебедев в статье, посвященной памяти своего учителя, — он всегда избегал внешней, формальной законченностью вызывать в слушателе неверное представление, что физика — законченная, мертвая мозаика: в его изложении физика была живой наукой, в которой рядом с бесспорно установленными фактами была масса вытекающих из них

⁴⁴ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, журнал «Познай самого себя», № 1.

⁴⁵ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 59.

новых вопросов, еще ждущих дальнейшей разработки; Кундт читал физику так, как он „чувствовал“ ее, так, как она доступна только умственному оку глубокого исследователя, с теми особенностями и неуловимыми оттенками изложения, которые свойственны только очевидцу — на его лекциях слушатели невольно и незаметно прониклись духом науки»⁴⁶.

Кундт умел вовремя и к месту добавлять лекции демонстрациями опытов, многие из которых он сам придумывал.

По тому времени такое преподавание физики представлялось Лебедеву новым и перспективным, и оно не могло не вызывать восторженного отношения. Другой поучительной чертой педагогического мастерства Кундта являлось, как писал Лебедев, умение этого физика учить «физически думать» (*Physikalisch denken*) и помогать обретать «физическое чутье» (*Physikalische Nase*).

Лекции Кундта были радостными событиями для слушателей: студенты шли на них, как на интересный спектакль, главными героями которого были Кундт и наука. Констатируя популярность его лекций, Лебедев писал, что по прибытии Кундта в Берлинский университет для замещения ушедшего оттуда Гельмгольца, на лекции Кундта вскоре стало записываться вдвое больше студентов, чем прежде, и администрации университета пришлось приспособлять для них большую физическую аудиторию, пристроив к ней хоры.

Непосредственное и довольно близкое соприкосновение с этой выдающейся личностью сыграло, быть может, решающую роль в формировании педагогических воззрений Лебедева, которые столь пригодились ему впоследствии в Московском университете. Лебедеву удалось не только применить эти воззрения в практической деятельности, но в известной мере даже превзойти своего бывшего учителя по Страсбургскому университету.

Однако следовать известной педагогической формуле — хороший учитель повторяет себя в учениках — было делом нелегким. Кундт мог свободно читать профилирующую физику в соответствии со своими научными вкусами, тогда как Лебедеву пришлось довольно долго учить физику не будущих физиков, а будущих врачей.

⁴⁶ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 59.

Еще в 1896 г., читая курс физики в железнодорожном училище, Лебедев убедился в том, что непрофилирующий курс не даст ему возможности гармонично сочетать свою научную работу с обязательными учебными занятиями. И это несоответствие научных интересов и педагогических обязанностей не позволяло Лебедеву учить по-кундтовски.

Решение вопроса «Как учить?» зависело и от того «Чему учить?», т. е. метод обучения существенно был связан с содержанием и направлением преподаваемого предмета.

Лебедев пытался убедить Н. А. Умова, только что занявшего место умершего А. Г. Столетова, в том, что ему желательно для пользы общего дела взяться за чтение профилирующего курса физики в Московском университете. В специальном письме к Умову он писал: «Я отлично знаю, что какой-нибудь теоретический курс принесет — как будут думать — больше пользы мне. Но это неправильно: добросовестно подготовившись, я без крупных промахов изложу предмет, формально буду знать на память, но не чувствовать его и, конечно, через год начисто забуду (как забываю все, к чему не имею таланта); для слушателей мое вполне бездарное изложение тоже не будет находкой. С другой стороны, чтение лекций из той области, в которой я отныне и, вероятно, до конца моей жизни буду работать,— это чтение откроет мне новые горизонты, заставит о многом подумать, что побудит меня творчески работать для уяснения самого вопроса; помимо того, я уверен, что слушатели из прочувствованной лекции вынесут, если и не полезный в будущем материал, то во всяком случае научное настроение, а это, пожалуй, и того больше! Само собой, я, как человек, глубоко убежденный и в значении, и в поэзии эксперимента, хотел бы обставить лекции хорошо и с демонстрационной стороны, но в этой стороне моих лекций выразятся только взгляды заведующего»⁴⁷.

Таким образом, Лебедев считал, что преподавать должно то, что соответствует непосредственным научным интересам самого преподавателя. Лишь выполнение этого условия поможет привить студентам творческие навыки

⁴⁷ Вопросы истории естествознания и техники АН СССР, 1959, № 4, с. 107.

и научный настрой. И хотя эти педагогические обобщения Лебедева в наше время не требуют доказательств, однако успех этих обобщений зависит и от ряда иных качеств преподавателя, к числу которых относится сама личность преподавателя, его внешность, тембр голоса, умение артистически держаться и излагать учебный материал. Всеми этими достоинствами в полной мере обладал сам Лебедев. В нем гармонично сочетались личное обаяние и умение наладить контакт со студенческой аудиторией.

Хотя Лебедев-педагог выгодно выделялся из среды профессоров Московского университета, однако читаемые им лекции по общему курсу физики на медицинском факультете не могли претендовать на безупречность, которой отличались лекции Кундта или, например, лекции Умова. Причина заключалась в том, что лекции, не имевшие профилирующего характера, Лебедев вынужден был читать, не используя элементы высшей математики. Содержание и назначение такого курса не позволяло лектору переносить воображение пытливых студентов в более глубокий и интересный мир физических явлений и закономерностей, будить их фантазию и постепенно вовлекать в общий творческий процесс.

Отличительные педагогические черты носили на себе и методы приема Лебедевым экзаменов, а также тот критерий, которым он пользовался для оценки знаний студентов. Сам Лебедев, будучи еще школьником, а затем и студентом, не раз испытывал на экзаменах то психическое состояние тревоги, которое не позволяло ему рассказать экзаменатору даже сотой доли из того, что он знал и понимал.

В своей педагогической практике Лебедев стремился создавать на экзаменах спокойную обстановку, снижающую до минимума всякую нервозность. Вот как описывал П. П. Лазарев свои впечатления о сдаче Лебедеву экзамена по физике: «Я очень волновался, отвечая Лебедеву, но полное спокойствие Лебедева, который ничего не поправлял, не сбивал студента, но и не подсказывал, не помогал ему, скоро вернуло мне самообладание, и я верно отвечал на все вопросы. Отвечал я с внешней стороны неважно: я не умел тогда гладко излагать свои мысли. Этот недостаток, однако, мало интересовал Лебедева, и он

поставил мне пять с плюсом, поблагодарив меня; много лет спустя Лебедев не раз вспоминал о моем экзамене»⁴⁸.

Однако те студенты, которые учились плохо и стремились лишь получить зачетный балл, считали Лебедева придирчивым и строгим. Об одном таком случае Лебедев узнал от А. Н. Амфитеатровой-Левицкой. Один студент Лебедева, бравший у актрисы уроки пения, пожаловался ей, заявив, что «профессор Лебедев — это безжалостный мучитель. Он не только строг, но и придирчив, а на экзаменах всю душу вымотает. Студенты так и зовут его — мучитель». На вопрос актрисы: «За что Вас студенты зовут безжалостным мучителем?» — Лебедев ответил: «Наш общий ученик, по всей вероятности, из категории тех студентов, которые, к сожалению, довольно часто стали попадаться в нашем университете. Лекции они не посещают, дома не занимаются, работой не интересуются и даже программу курса не просмотрят. Появляются они в университете незадолго до экзаменов с тем, чтобы упротить профессора поставить им „удовлетворительно“ без испытания. С точки зрения таких шалопаев, я, пожалуй, и „мучитель“. Прежде всего от такого студента я требую, чтобы он обязательно держал у меня экзамен. И, убедившись в полном его невежестве, только тогда я со спокойной совестью ставлю ему „неудовлетворительно“. Но с учениками, посещавшими мои лекции, работавшими у меня по-настоящему и особенно если я замечу между ними талантливых, я никогда не бываю „безжалостным мучителем“. Уверен, что и они не считают меня таковым. Боюсь, как бы из студента, давшего Вам обо мне столь лестные сведения, не вышел у Вас такой же певец, как из моего ученика — физик»⁴⁹.

Главным критерием в оценке знаний студента служило для Лебедева не формальное знание, а понимание основных физических явлений и закономерностей. Если же студент проявлял сообразительность, Лебедев оценивал его способности высоким баллом даже при слабых знаниях фактического материала.

Лебедев не мог читать лекции на медицинском факультете так, как он хотел бы читать их студентам физико-математического факультета, но ему удавалось бле-

⁴⁸ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки. М., 1950, с. 156.

⁴⁹ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1959, т. 28, с. 125—126.

стяще иллюстрировать читаемый материал опытами, многие из которых он сам придумывал. Это вскоре стало известно местной профессуре, и некоторые педагоги стали даже подражать Лебедеву. Так, читавший в университете лекции по физиологии органов чувств, нервной и мышечной системы А. Ф. Самойлов, часто подражая Лебедеву, находил пути эффектно демонстрировать студентам распространение нервного возбуждения. При этом он постоянно указывал на лебедевское искусство и его значение в системе обучения⁵⁰.

Лебедев оставил по себе память и как ученый-методист, как автор многих оригинальных способов экспериментирования на лекциях по физике и конструкций приборов, вошедших в практику лекционных демонстраций в высших и средних учебных заведениях⁵¹.

Педагогические дарования П. Н. Лебедева как лектора по-настоящему проявились лишь в тот период, когда он читал лекции по спецкурсу «Современные задачи физики», предназначенному для тех студентов физико-математического факультета, которые решили посвятить себя физике. Эти лекции Лебедев начал читать с 1903 г., и они благотворно сказались на дальнейшем развитии только что организованной им научной школы физиков в Московском университете.

Главная цель этого курса сводилась не столько к обучению, сколько к воспитанию у будущих творческих работников необходимых качеств. Как известно, в те времена еще бытовал в среде российской общественности унаследованный от прошлого предрассудок, что ученый — это особая личность, лишь богом одаренная способностью познавать тайны природы, и что науку создавали избранные.

В хранящихся в Архивах АН СССР конспектах лекций Лебедева читаем: «Задача курса состоит в том, чтобы, знакомя вас с границами нашего современного знания, во-первых, разрушить то в огромном большинстве случаев бессознательное представление, что вся наука уже окончена и заключается в книжках, что выдумали ее какие-то незримые гиганты и ваша роль только заучивать

⁵⁰ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 153.

⁵¹ Лекционные демонстрации по физике. М., 1949, вып. 4, с. 33; 1952, вып. 7, с. 122, 144, 160, 163.

то, что другие сделали; а во-вторых, указать вам путь к производительному самостоятельному мышлению».

Успешному решению поставленных Лебедевым в этом спецкурсе задач способствовал не только его личный опыт, но и к месту использованные факты из истории физики. Говоря, например, о творчестве Ньютона, Лебедев рассказал известную легенду, согласно которой Ньютон открыл всемирно известные законы благодаря тому, что почти всю жизнь только и думал об этих открытиях. Так, согласно этой легенде, на вопрос о том, как удалось Ньютону осуществить великие открытия, он ответил, что почти всю жизнь думал только об одном и том же. И, действительно, Ньютон утверждал, что «гений есть терпение мысли, сосредоточенной в известном направлении». Перефразируя Гёте, Лебедев говорил своим слушателям, что физика развивается подобно растущему плодородному дереву, и тот, кто сумеет вовремя сорвать созревший плод, становится признанным ученым. Пытливые карлики в науке могут взойти на плечи гигантов и увидеть больше и дальше.

Лебедев предусмотрел и такие часто встречающиеся случаи, когда начинающий испытывает немалые трудности, приступив к самостоятельной работе с книгой, и нередко эти трудности действуют деморализующе на неопытных. Чтобы помочь начинающим самостоятельно преодолеть эти трудности, Лебедев рекомендовал не забывать неписаное «правило Даламбера», согласно которому нужно «не останавливаться на непонятном, но бодро продолжать идти дальше: надежда понять к вам скоро вернется и вы потом гораздо легче осилите непонятное». Используя авторитет Кундта, Лебедев возвел совет своего учителя, как читать литературу, в правило: «Читайте только то, что вам кажется интересным, и всегда относитесь к напечатанному не как к догмату, а критически: не бойтесь думать о прочитанном по-своему, не бойтесь думать, что этот или другой прием автора можно изменить и что можно вести его работу дальше. Но самое главное состоит в переходе от известного к неизвестному, в отыскании пути, по которому следует идти»⁵².

⁵² Архив АН СССР, ф. 293, оп. 1, д. 79, л. 5.

При этом Лебедев подчеркивал, что критическое, осмысленное отношение к излагаемому в научной и учебной литературе — необходимое правило для всякого научного работника. И действительно, еще Р. Декарт справедливо утверждал, что «для разыскания истины необходимо раз в жизни, насколько это возможно, поставить все под сомнение»⁵³.

Лебедев понимал, насколько вредно действует на психику начинающих тот «сумбур» сведений, который наполнял тогдашнюю физику, лишенных логической последовательности и безупречной аргументированности. Это естественно вызывало чувство неудовлетворенности, и неопытным казалось, что виной всему их собственная неспособность понять истину. В этой связи Лебедев настойательно внушал слушателям, что наличие только одних формальных знаний без критического их осмысления не может служить критерием в оценке творческого потенциала исследователя. «Мой книжный шкаф „знает“ несравненно больше меня, — указывал Лебедев, — „знает“ обстоятельно и наверняка, но все-таки про него нельзя сказать, что он физик, а я — физик»⁵⁴.

И чтобы добиться ясного и глубокого понимания физических явлений и закономерностей, Лебедев считал необходимым научиться философски их осмысливать, находя такие способы рассуждений, при которых сущности известного становились бы очевидными. Сам Лебедев был глубоко убежден в органической связи физики с философией и техническим прогрессом. Мы знаем уже, что в его творчестве философские убеждения служили надежным ориентиром в выборе исторически назревших проблем физики и нахождении наиболее научно обоснованных интерпретаций полученных решений. Философские вопросы физики занимали видное место и в его спецкурсе «Современные задачи физики».

Как видно из конспектов, Лебедев излагал такие философские вопросы, как «электромагнитное обоснование инерции», «распад материи» (радиоактивный распад), сущность «явления Зеемана» и др. Ни одна «модная» в те времена идеалистическая концепция не находила места в его философских анализах физических теорий.

⁵³ Декарт Р. Избранные произведения. М., 1950, т. 1, с. 426.

⁵⁴ Научное наследство АН СССР, 1948, с. 1, с. 610.

Ни энергетизм, ни кантовско-юмовский агностицизм, ни махизм и подобные им идеалистические «измы» не получили места в трудах П. Н. Лебедева, в его педагогической деятельности. Мы уже говорили, что именно благодаря собственному философскому осмыслению Лебедев оказался одним из немногих ученых того времени, кто признал гипотезу эфира несостоятельной⁵⁵. Философский же анализ физических явлений и закономерностей позволил ему признать и ограниченность механистического принципа и сделать переоценку классического закона теплоемкости⁵⁶.

Чтобы решить вторую задачу курса — помочь начинающим находить путь к самостоятельному мышлению, Лебедев руководствовался таким неписанным педагогическим принципом: на анализе современных задач физики он «раскрывал закулисную сторону» научного творчества и развития самой науки и тем самым помогал начинающим представить реальную «кухню» творческой деятельности ученого и те «парадоксальные» ситуации в науке, философский анализ которых приводит к оптимальному пути осмысления новых явлений и законов.

На фоне тогдашней педагогической деятельности профессуры России подобные принципы обучения и воспитания производили особое впечатление, хотя по существу ими отчасти еще ранее руководствовались некоторые ученые, например Магнус и его ученики Кундт и Столетов.

Эти принципы Лебедев дополнил нетривиальностью взаимоотношений учителя и ученика. Между профессором Лебедевым и студентами не существовало традиционной в то время «стены». Одним из примеров этого могут служить упоминавшиеся ранее «неакадемические семинары Лебедева», проводившиеся им по вечерам в небольшом ресторане за нехитрым ужином. В такой непринужденной обстановке Лебедев не ограничивался научными темами, но рассказывал своим слушателям и о жизни великих ученых прошлого. Некоторые из этих рассказов описал в своих воспоминаниях Т. П. Кравец⁵⁷. Один из них связан с историей открытия Кундтом метода наблюдения аномальной дисперсии света в погло-

⁵⁵ *Лебедев П. Н.* Собр. соч., с. 365, 366.

⁵⁶ Там же, с. 121, 365.

⁵⁷ Труды ИИЕиТ АН СССР, 1950, т. 28, с. 46—47.

щающих свет средах, известного под названием «метода скрещенных призм». Когда Кундт впервые обнаружил это явление, он решил продемонстрировать его своему ассистенту Рентгену.

— А что, собственно, я должен видеть?— спросил Рентген.

— Как что? Разве Вы не видите, что здесь в спектре извращен порядок цветов?— с удивлением заметил профессор.

— Я полагаю, господин профессор, что это дело совершенно субъективное,— ответил ассистент.

Кундт от удивления широко раскрыл глаза. Оказывается, Рентген — безнадежный дальтоник. И у профессора возникает идея помочь дальтоникам наблюдать замечательное физическое явление. Так Кундт изобрел метод скрещенных призм.

Еще один рассказ, также хорошо запомнившийся слушателям, относится к случаю, когда Макс Планк — с головы до пят физик-теоретик — «проштрафился» на коллоквиуме Кундта, делая доклад о своей очередной работе по термодинамике насыщенных растворов.

Почти в конце своего доклада Планк вдруг остановился и заявил:

— Здесь существует, однако, некоторая принципиальная трудность, так как получить насыщенный раствор практически невозможно.

— Как так? Я этого не понимаю,— с удивлением заметил Кундт.

— Как же,— ответил Планк,— по мере насыщения скорость растворения становится все меньше и меньше, а потому процесс ведет к насыщению только асимптотически, через бесконечно долгое время.

— Ну,— заметил Кундт, разведя руками,— этого ждать мне некогда: я нагрею раствор, а потом остужу его.

Планк сконфуженно согласился:

— Да, действительно, так получить насыщенный раствор можно.

По этому поводу Т. Н. Кравец в своих воспоминаниях писал: «Таковыми рассказами П. Н. делал нас как бы участниками многого из того, что украшало его первые шаги в области науки».

Но, конечно, не только в этом заключалось достоинство подобных рассказов. Таким способом Лебедев как бы

вводил своих учеников в «кухню» научного творчества, и вместе с этим его ученики запоминали на всю жизнь само содержание научных открытий.

Наиболее ярко проявились педагогические дарования П. Н. Лебедева в организации научной школы физиков и руководстве научными исследованиями студентов и практикантов.

Оставляя пока в стороне вопросы, относящиеся к истории зарождения и развития новой по тому времени формы научного творчества, сосредоточим внимание на решениях тех педагогических задач, без которых невыполнимы ни сама организация, ни развитие научной школы.

Мы уже писали, что те методические стадии формирования будущих творческих работников, которые теперь хорошо известны многим, Лебедев сводил к ряду требований. Полезно вспомнить их еще раз.

1. Прежде всего начинающий должен овладеть элементами инженерно-конструкторского искусства и научиться конструировать хотя бы простейшие приборы и экспериментальные установки.

2. Научиться владеть слесарным оборудованием и самому изготовлять несложные физические приборы.

3. Уметь составлять план своей работы, в котором должны быть учтены все детали «вплоть до винтика», как выражался Лебедев.

4. Приучить себя к терпеливому отношению к неудачам и к настойчивому исканию путей преодоления встречающихся трудностей.

5. Научиться обобщать признаки удачных результатов своих исследований.

6. Научиться четкому формулированию своих мыслей при написании итоговых статей.

Обобщая личный опыт руководства научными работами своих учеников и опыт своего учителя, Лебедев пришел к интересным выводам, которые по праву можно назвать «методическими принципами руководства работами будущих ученых». Эти обобщения Лебедев планировал издать в виде специального методического труда, однако ему удалось изложить главное лишь в письмах к своему помощнику П. П. Лазареву. Это главное имеет вид конкретной инструкции, предназначенной для начинающих руководителей научными работами студентов.

В ней Лебедев выделил три наиболее существенных принципа:

1. Моральный принцип руководителя.
2. Принцип выбора и формулирования научной темы.
3. Конкретные правила руководства начинающими на каждой стадии формирования будущего ученого.

По поводу содержания первого принципа Лебедев писал Лазареву: «Давая тему начинающему, т. е. взявшись за задачу формировать будущего ученого, мы должны совершенно ясно себе представить и свою нравственную ответственность перед данным лицом. Искалечить такого начинающего нет ничего легче: дать лишь интересную тему, но такую, которая ведет к ряду неожиданных промежуточных трудностей: он затянется на деталях, проработает больше известного срока, на опыте разочаруется — и дело готово. Конечно, из 20 случаев в 19 это не будет жалко, но сказать наперед, кого из 20 жалко потерять, невозможно, а поэтому всех начинающих надо ставить в выгодные условия. Поэтому начинающему мы имеем право нравственно давать только такую задачу, вполне определенный и достижимый результат которой, безусловно, можем гарантировать». И далее: «...если между руководителем и учеником и нет письменного договора, то все-таки интересы ученика, по естественному предположению, являются целью его обучения»⁵⁸.

Говоря о содержании и целевом назначении второго принципа, Лебедев указывал, что задание новичку должно быть возможно более простым, интересную тему следует не сразу схватывать в окончательной форме, а разбивать ее выполнение на этапы, и шаг за шагом идти вперед: как бы мала ни была тема, для новичка она колоссальна, и «*в интересах самоуверенности надо давать ясно сформулированную тему*». Воспитанию чувства уверенности в себе должен способствовать успех начальной стадии работы новичка. Поэтому предлагаемая новичку тема должна быть предварительно обдумана всесторонне самим руководителем, он должен заранее выработать для себя план работы новичка. Вполне допустимо, что во всей этой работе руководителя могут быть и неудачи, технические и методические промахи, однако не следует забывать, что бесплодные искания или «опробывания наобум»

⁵⁸ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 130.

страшно вредны для практикантов, так как психически удручают, что особенно сильно действует на неопытных.

О содержании третьего принципа и о практическом его воплощении в педагогической деятельности Лебедева наилучшим образом может рассказать одна «Инструкция», написанная для студента Н. Златовратского и хранящаяся в Архивах АН СССР. Лебедев сформулировал тему так: «Методика наблюдения и измерения ультракоротких звуковых волн». В «Инструкции»⁵⁹ студенту Н. Златовратскому была указана главная цель задания — «наблюдение воздушных акустических волн малой длины». Новизна темы очевидна, так как в то время еще не были исследованы ультразвуки. Поэтому главная задача состояла в том, чтобы изыскать способ наблюдения этих звуков, а затем попытаться выработать и метод их измерения.

К тому времени был известен метод кундтовых пыльных фигур, которым пользовались для наблюдения и измерения характеристик обычного звука. Однако чувствительность этого метода была невелика, поэтому Лебедев поставил задачу изыскать более перспективный способ индикации и измерения важнейших характеристик ультразвука, но тогда еще не было сколько-нибудь надежного метода генерировать ультразвук. Лебедев сам применил в своих исследованиях метод искры, при котором развиваются электрические колебания, вызывающие в воздухе соответствующие звуковые колебания. Для их наблюдения применялся диск Рэлея, однако и этот метод не мог обеспечить надежной точности и чувствительности.

Учитывая все это, Лебедев вынужден был тщательно обдумать детали выполнения этой темы. Он предложил применить новый метод наблюдения и измерения характеристик звука — метод «зеркального осциллографа», который разрабатывался в его лаборатории другим учеником, В. Д. Зёрновым.

Лебедев считал перспективным для решения этой задачи и оптический метод, поэтому он предложил Н. Златовратскому испытать метод звуковой «дифракционной решетки». А чтобы студента не обескуражили эти трудности, Лебедев привел в своей «Инструкции» чер-

⁵⁹ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 2, д. 13.

тежи конструкций основных приборов и схему всей экспериментальной установки. При этом он подробнейшим образом остановился на том, как следует преодолевать возможные трудности. Например, учитывая высокую чувствительность зеркального осциллографа даже к весьма слабым воздушным течениям в комнате, Лебедев объяснил, как их устранить. Далее, поскольку искровой метод не может обеспечить надежной устойчивости определенных колебаний, Лебедев рекомендовал проконсультироваться по этому вопросу с его учеником А. Р. Колли — специалистом по коротким электрическим волнам. Предполагая, что первичная «взрывная волна» будет налагаться на слабые и тем самым стусшевывать чистоту наблюдения, Лебедев советовал студенту перехватить эту волну слоями марли.

«Еще раз повторяю, — указывается в «Инструкции», — что работа трудная, не смущайтесь, если первые три месяца у вас будут непрерывные неудачи: это в порядке вещей и больше ничего. Сейчас, конечно, невозможно задаваться тем пределом, до которого вам удастся спуститься. Вы должны его найти сами».

Следует заметить, что это самая трудная тема, и Лебедев предложил ее самому талантливому студенту. Златовратскому удалось справиться лишь с одной задачей — наладить установку и апробировать оптический метод измерения. Одновременно ему удалось обнаружить предвиденную Лебедевым трудность генерирования ультразвука с помощью ранее применявшегося искрового метода. Лебедеву пришлось поручить эту задачу другому ученику, В. Я. Альтбергу, который и решил ее указанным Лебедевым способом — способом разряда конденсатора, обеспечивающего более мощные короткие звуковые волны. Этот успех был оценен Лебедевым по достоинству, и он выдвинул кандидатуру Альтберга на получение студенческой премии и рекомендовал его работы к опубликованию в печати⁶⁰.

Работы Н. Н. Златовратского и В. Я. Альтберга положили лишь начало решению одной из кардинальных проблем физики того времени — установлению существования предельно высокой частоты звуковых колебаний в газообразных средах, а значит и в конденсированных.

⁶⁰ ЖРФХО, 1907, т. 39, вып. 3, с. 53—63.

Хотя глубокий смысл самого факта существования в природе таких пределов еще не был достаточно осмыслен, однако известные в то время свойства звука давали основание предсказывать нечто интересное и важное в учении о свойствах вещества. Именно это и побудило Лебедева направить усилия своих учеников на решение этой проблемы.

Как известно, в 1911 г. ученик Лебедева Н. П. Неклепаев обнаружил значительный эффект поглощения ультразвука в воздухе⁶¹. Тотчас же Лебедев начал теоретически осмысливать этот эффект и доказал существование верхнего предела частоты звука в воздухе⁶². Этими историческими исследованиями и было положено начало новому научному направлению в физике, называемому в наше время «молекулярной акустикой».

Интересен также вопрос о том, сколькими учениками можно успешно руководить в их научных исследованиях. Если это число не превышает 10 и исследования ведутся по близким по направлению темам, то руководитель легко справляется со своими обязанностями, соответствующими методическим принципам Лебедева. При большой разнообразности тем руководитель испытывает немалые трудности. Именно о таком случае Лебедев писал своему помощнику: «Не думайте, что я в июне являюсь „неприкосновенным“, только пять дней назад уехали *A* и *B*, а сегодня и на будущее время остались *C*, *D* и *E*, и я по своей бесхарактерности хожу к ним, заставляю Алексея (механика мастерской, — *A. C.*) для них работать, по вечерам думаю над их затруднениями, — одним словом не принадлежу себе»⁶³.

Когда же число работающих в лаборатории Лебедева достигло 20, руководить их исследованиями без помощника оказалось вообще трудно. Лебедев преодолевает возникшие осложнения: он отказывается от случайных тем и объединяет родственные работы в специальных лабораториях, обеспечив руководство ими специалистами. «Сегодня я все больше и больше вижу, что „случайные“ темы, не входящие в строго определенный цикл исследований, очень отягощают руководителя», — писал Лебедев

⁶¹ ЖРФХО, 1911, т. 43, вып. 3, с. 101—107.

⁶² Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 347.

⁶³ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 135.

своему помощнику. И далее: «А то педагогическое значение, которое я прежде приписывал разнообразию тем и областей исследований, предполагая, что практиканты многому учатся друг у друга, это значение, как я теперь убедился, ничтожно мало в лаборатории и важно только на коллоквиуме, но и тут все сводится к индивидуальности. Сделать физика я не могу, я должен облегчить желающему сделаться физиком. И с этой точки зрения узкоспециализированная лаборатория может дать желанное, а значение ее будет для науки, конечно, гораздо больше, чем от универсальной лаборатории».

И Лебедев реорганизовал свою лабораторию, разделив ее на два сектора. В первом секторе, руководимом главой научной школы, продолжались исследования по проблемам взаимодействия электромагнитных полей различной частоты и вещества (радиоспектроскопия диэлектриков и магнетиков, инфракрасная спектроскопия и вспомогательные вопросы); во втором секторе, руководимом помощником (П. П. Лазаревым), исследовались вопросы молекулярной физики и фотохимии. Общим для этих секторов оставался коллоквиум.

Вспоминая о методах руководства Лебедева, его ученики писали: «Попав в лабораторию Лебедева, всякий, даже малоспособный, человек мог рассчитывать с его помощью закончить работу, причем все самое важное, самое существенное в работе было обдуманно, вычислено и сконструировано Лебедевым»⁶⁴.

Особую роль сыграли лебедевские коллоквиумы — новая и оригинальная форма научного воспитания начинающих исследователей. «Перед студентами первых семестров они открывали чуждую им картину роста и непрерывного развития науки, как оно сказывалось в целой кипе новых журналов, из которых по рефератам они узнавали наиболее важные и понятные им успехи... — вспоминал впоследствии П. П. Лазарев. — Меня с самого начала поразило, с каким терпением выслушивал Лебедев высказывания молодых физиков, отстаивавших иногда заведомо неправильную точку зрения. Эта черта, несомненно, обладала большой притягательной силой, привлекавшей к Лебедеву симпатии молодых».

⁶⁴ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 160.

«Большим праздником для начинающего был тот день, когда после долгой и упорной работы ему разрешилось сделать на коллоквиуме доклад о собственном исследовании», — писал Н. А. Капцов⁶⁵. Законченную работу Лебедев лично редактировал перед отправкой в журнал.

Обобщая личный опыт, Лебедев так характеризовал процесс формирования профессиональной направленности исследователя: «Увлечение научными исследованиями, которое у молодого ученого начинается с интереса к известной области знания, постепенно все больше и больше захватывает исследователя, так как открывает перед ним все более широкие, иногда совершенно негаданные перспективы.

После первых порывов научного творчества, когда безотчетная жажда исследовать уже несколько успокоена, рядом с элементом личного эгоистического удовлетворения самой работой у ученого постепенно разрастается сознание обязанности научной работы: постоянно пользуясь трудами своих предшественников, ученый может больше, чем кто-либо другой, ежедневно убеждаться в преемственности идей, учиться чувствовать и ценить то духовное наследие, которым бескорыстно одарили его и его сверстников предыдущие поколения, и, естественно, у него является сознание нравственной обязанности перед будущими поколениями так же работать, покуда хватит сил, как работали его предшественники»⁶⁶.

⁶⁵ Капцов Н. А. П. Н. Лебедев. М., 1950, с. 16.

⁶⁶ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 345—346.

Научная школа

Создатель и руководитель школы физиков

Научная школа — это коллективная форма творчества под непосредственным практическим и идейным руководством выдающегося ученого, питающего этот коллектив передовыми научными идеями и определяющего методы и содержание проводимых исследований. На определенном уровне развития науки форма коллективного творчества стала необходимой для дальнейшего прогресса науки.

Впервые элементы такой коллективной формы научного творчества в России, или научной школы, появились еще во времена Ломоносова, а затем развивались на фоне творческой деятельности известных ученых Ленца и Столетова. Однако законченной стадии эта форма достигла лишь при П. Н. Лебедеве, создавшем фактически первую научную школу физиков. По этому образу и подобию впоследствии в России возникли новые школы во всех областях естествознания, в частности ленинградские школы физиков, возглавляемые А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественским, московские школы физиков и биофизиков во главе с П. П. Лазаревым, Л. И. Мандельштамом, В. К. Аркадьевым, С. И. Вавиловым и др.

Зарождение школы П. Н. Лебедева можно отнести еще к 1892—1893 гг., когда молодой физик попытался расширить тематику научных работ студентов в лаборатории А. Г. Столетова. Лебедев предложил для разработки три оригинальные темы: исследование преломления электрических лучей в призме; исследование аномальной дисперсии света веществ, подверженных действию магнитного поля; исследование кундтовой кривой дисперсии для мест поглощения методом фотографирования (№ 90,

с. 116). При этом он прилагал проекты установок для их проведения.

Успешное выполнение каждой из названных тем ученый приравнивал к полноценной диссертации, каковые не столь часто защищались даже в Страсбургском университете и за которую присуждалась степень доктора философии. Первую тему он предложил Н. П. Кастерину, надеясь, что тот справится с ней без особых затруднений и доложит результаты на предстоящем IX съезде русских естествоиспытателей и врачей. Однако обстоятельства сложились так, что Лебедеву пришлось самому выполнить эту работу. Сделанные им на съезде сообщения по исследованию оптических свойств лучей Герца произвели настоящий фурор.

Две другие темы оказались особенно трудными в техническом отношении: потребовалось изготовить специальный электромагнит и фотокамеру для фотографирования быстро протекающих процессов, что было студентам не по силам. Однако молодой руководитель не предполагал сразу завершить исследования по этим темам, он отчетливо сознавал, что даже пробные эксперименты должны дать некоторую информацию о любопытных природных явлениях, могущих послужить стимулирующим началом творческой деятельности вступающей в науку молодежи. Предположения Лебедева о возможности наблюдения интересных и новых физических явлений были пророческими. В дальнейшем ряд зарубежных исследователей, в частности Зеeman, достигли определенных результатов именно при изучении вышеназванных проблем.

«Обилие мыслей и проектов не дает мне спокойного времени для работы» (№ 90, с. 225), — писал Лебедев в начальный период зарождения научной школы. Однако неудачи первых попыток заставили Лебедева пересмотреть свой подход к выбору тем для новичков. Многие интересные, но технически трудновыполнимые темы он теперь заносит в свой «резерв», а студентам предлагает лишь те темы, которые были близки к его основной тематике и для выполнения которых им уже создана материальная база. Больше того, прежде чем давать тему, он сам тщательно продумывал все детали плана, зная наперед итоговый результат эксперимента. Тогда же Лебедев осознал необходимость привлечения к работе талантливых студентов.

Первая тема, порученная студенту П. Лейбергу, посвящалась экспериментальному исследованию декремента затухания акустических резонаторов. В 1896 г. был опубликован научный труд этого первого ученика Лебедева¹.

Вторая тема — исследование давления звуковых волн на резонатор — была дана студенту В. Альтбергу. Этот ученик Лебедева был удостоен студенческой премии, а затем оставлен в университете для подготовки к профессорскому званию. Окончательный результат своих исследований Альтберг опубликовал лишь в 1903 г.²

Все эти темы были продолжением начатых самим Лебедевым научных исследований по пондеромоторному действию разной физической природы «волн» на соответствующие резонаторы.

Очередные темы Лебедев поручил студентам В. Зёрнову и Н. Капцову. Первый добился успеха в усовершенствовании метода измерения абсолютной силы звука, а второму удалось улучшить метод измерения давления поверхностных волн на гидродинамический резонатор. Итоговые исследования были опубликованы в 1905—1906 гг.³

Преимственный характер отличает и другие темы, например порученные студентам А. Колли и Т. Кравцу: они исследовали поглотительные свойства диэлектриков в электромагнитных полях разной частоты. Выполнение этой программы потребовало изыскать наиболее удовлетворительные методы генерирования электромагнитных полей метрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

Школа росла благодаря не только все возрастающему авторитету Лебедева, но и наличию материальной базы, которой в начальном периоде, как известно, служил общий физический практикум профессора А. П. Соколова.

В 1896 г., когда Лебедев был утвержден приват-доцентом, под его руководством работали всего три студента. Вскоре их число возросло до пяти, а к 1900 г. достигло 10. К концу 1905 г., когда было построено новое здание института и налажена мастерская по изготовлению оборудования, в лаборатории Лебедева работали около 20 студентов, практикантов и оставленных для подготовки к профессорскому званию. К этому времени Лебедеву уда-

¹ ЖРФХО, 1896, т. 28, вып. 1, с. 93.

² Там же, 1903, т. 35, вып. 4, с. 459.

³ Там же, 1906, т. 38, вып. 7, с. 410; 1905, т. 35, вып. 6, с. 187.

лось учредить необходимый штат научной лаборатории: заведующий (П. Н. Лебедев), ассистент, два лаборанта и механик ⁴.

В тот период в лаборатории Лебедева работали В. Альтберг, Н. Капцов, В. Котович, А. Тимирязев, Н. Златовратский, А. Млодзеевский и др. Лаборатория имела 500 наименований приборов и экспериментальных установок, большая часть которых была изготовлена студентами и практикантами.

Научная школа физиков достигла зрелости уже в 1901 г., когда стал функционировать знаменитый лебедевский коллоквиум. К этому времени два ученика Лебедева (Альтберг и Кравец) были официально утверждены в качестве подготавливаемых к профессорскому званию.

В 1909 г. состоялись и первые защиты диссертаций: В. Д. Зёрнов защитил магистерскую диссертацию на тему «Абсолютное измерение силы звука», А. Р. Колли, минуя магистерскую, — докторскую на тему «Исследование дисперсии в электрическом спектре жидкостей», несколько позже П. П. Лазарев — магистерскую на тему «О скачке температуры и теплопроводности на границе твердого тела и газа», а спустя год — докторскую на тему «Выцветание красок и пигментов в видимом спектре».

В 1911 г. лаборатория Лебедева располагала 1229 приборами и установками, в ней работали уже 28 человек, из которых в штате, кроме П. Н. Лебедева, числились приват-доцент П. П. Лазарев (первый помощник), ассистент В. И. Романов (второй помощник), два лаборанта и два механика ⁵.

О деятельности школы Лебедева стало известно не только в России, но и за рубежом. Посетив западноевропейские научные центры по физике и познакомившись с постановкой в них научных исследований, П. П. Лазарев писал своему учителю, что московская школа физиков оказалась самой крупной в Европе по числу работающих, а также и по качеству выпускаемой продукции. Так, в Страсбургском университете, считавшемся лучшим научным центром по физике, число практикантов не превышало восьми. Обусловлено это было не недостатком средств, просто руководство университета считало, что

⁴ Архив МГУ, годовой отчет за 1905 г., л. 70.

⁵ Архив МГУ, годовой отчет за 1910 г., л. 181.

удобнее не перегружать институт практикантами⁶. «Здесь меня заинтересовала также успешность практикантов,— писал он в другом письме. — Оказывается и в этом отношении мы не в худших условиях, чем в Германии...»⁷

Лебедев постоянно заботился о распределении своих учеников по университетам и другим высшим учебным заведениям России. Его разумная политика быстро начала давать свои плоды. Об этом, в частности, свидетельствует отклик из Варшавского университета, когда Лебедев направил туда двух физиков — Е. В. Богословского и В. И. Эсмарха: «Варшавский университет благодарит вас за то содействие, которое вы оказываете насаждению у нас настоящей физики»⁸.

В свое время Н. Г. Егоров попросил Лебедева прислать физика в Томский университет. «Физик у меня есть,— писал ему Лебедев,— но он еще не правомочен... Мой кандидат не только хороший физик, ловкий экспериментатор и хорошо теоретически подготовленный — он инженер и по призванию к науке променял выгодную инженерную службу на грошевую лаборантскую в нашем институте. Это вообще очень милый и симпатичный человек, искренне любящий свое дело⁹... Наладив фабрику молодых физиков, я ищу теперь и рынков сбыта, а потому мне особенно хотелось бы, чтобы вы посмотрели мой товар: может быть и вам что-нибудь пригодится»¹⁰. Воспользовавшись этим приглашением, Егоров с интересом ознакомился с деятельностью лебедевской «фабрики» и попросил Лебедева рекомендовать молодого физика в Палату мер и весов¹¹.

В 1910 г. в лаборатории Лебедева работали К. П. Яковлев, В. К. Аркадьев, Н. К. Щодро, Н. Е. Успенский, Д. Д. Галанин, Н. П. Неклепаев, А. Б. Млодзеевский, В. С. Титов, П. К. Курепин и др. Под руководством П. П. Лазарева начали свою исследовательскую деятельность новички: Н. Васильев, Б. Ильин, И. Лютцау, П. Сре-

⁶ Архив АН СССР, ф. 336, оп. 1, д. 33.

⁷ Там же, ф. 393, оп. 3, д. 139, л. 102.

⁸ Там же, ф. 293, оп. 3, д. 61.

⁹ В числе учеников Лебедева были два инженера — Е. А. Гошиус и Г. В. Порт. Автору не удалось установить, к кому из них относится эта характеристика.

¹⁰ Архив АН СССР, ф. 336, оп. 1, д. 33.

¹¹ Из писем Лазарева известно, что предполагалось рекомендовать К. П. Яковлева.

бницкий, М. Сахаров, Б. Розанов, С. Ржевкин и др. В это же время получил свое первое задание и будущий талантливый ученый и руководитель советской физики С. И. Вавилов.

Н. Г. Егоров не дождался молодого физика для Палаты мер и весов. В 1911 г. лебедевская «фабрика» временно прервала свою деятельность в связи с событиями в Московском университете и уходом из него главы научной школы физиков. Узнав о случившемся, Егоров срочно организовал заседание Совета физического отделения ЖРФХО, на котором обсуждалась сложившаяся ситуация и было принято специальное послание ко всем ученым Московского университета: «Всякий, кому дорого развитие физики в России,— отмечалось в этом документе,— с чувством глубокого удовлетворения следил за тем, как в Москве росла и развивалась образцовая школа физиков. Эта школа успела дать другим университетам профессоров, которые продолжают насаждать наилучшие педагогические традиции и вызывать наилучшую инициативу. Московская школа представляет собой жизнеспособный, развивающийся организм, объединяющий в одно целое основное преподавание — в общих курсах и в практических занятиях, широкое его развитие — в специальных курсах приват-доцентов, наконец, введение в область самостоятельных исследований и подготовку к преподавательской деятельности — в лаборатории и на семинарах. В последнее время появились признаки дальнейшего поля исследования московской школы. Среди разработанных вопросов, разработка которых находилась в полном ходу, наметилась определенная группа работ из области, пограничной с физиологией и химией.

Посреди всей этой напряженной деятельности и развился настоящий кризис. Мы не можем примириться с мыслью, что старейший русский университет лишается такой исключительной по своему значению школы физиков, и надеемся, что настанет время, когда ее представители опять возвратятся в стены Физического института Московского университета»¹².

Петербургский физик И. И. Боргман писал в те дни Лебедеву: «Не могу выразить, что испытываю в настоящее время по поводу Вашего вынужденного оставления

¹² ЖРФХО, 1911, т. 43, вып. 5, с. 206—207.

университета. Это что-то невероятное! Университет не может потерять Вас. Неужели можно изгнать из России науку?»¹³ Последняя фраза свидетельствует о том, что научная общественность России опасалась полного разгрома самого крупного в стране центра физической науки: упорно поговаривали о предложении Лебедеву почетного места и должности в Нобелевском институте. И, наверное, он покинул бы Россию, если бы не ободряющие письма П. П. Лазарева, которые Лебедев получал, находясь на лечении в Германии: эти письма окончательно склонили ученого к отказу от предложений Нобелевского института и побудили его вернуться в Москву.

Лазарев регулярно сообщал своему учителю о ходе выполнения задуманных планов спасения физического центра и дальнейшего его развития в научный институт. Как известно, Совет Общества им. Х. С. Леденцова принял решение об оказании Лебедеву материальной помощи для организации новой физической лаборатории, которая и была создана в арендованном частном доме в Мертвом переулке и частично оснащена принадлежавшими Лебедеву физическими приборами и экспериментальными установками. На средства Общества была организована мастерская и нанят механик. Официально эта лаборатория являлась составной частью Народного университета им. Шанявского; в ней имелись 163 физических прибора и экспериментальных установок и 538 томов литературы.

В этой лаборатории продолжили работу 19 учеников Лебедева, часть их перешла учиться в Народный университет, а остальные продолжали посещать занятия в Московском университете. Всю тяжесть по поддержанию условий работы в этой лаборатории пришлось взять на себя П. П. Лазареву. Он же сообщил Лебедеву о большой сумме денег, пожертвованных частными лицами на постройку первого Научного института в России. Окрыленный перспективой научных исследований, Лебедев вернулся в Россию.

В Мертвом переулке закипела научная деятельность. На столе Лебедева вновь скапливались требования-заявки на молодых физиков-специалистов. Так, в 1912 г. В. А. Бернацкий писал Лебедеву из Варшавского политехнического института: «Иметь человека из вашей, много-

¹³ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, д. 15, л. 1.

уважаемый Петр Николаевич, школы для меня и для нашего института столь заманчиво, что я позволю себе обратиться к вам с просьбой прислать нам молодого физика»¹⁴.

В этот период произошла организация Московского физического общества. По мнению Лебедева, общество должно было стать объединяющим органом московской школы физиков. Лебедев был избран первым председателем этого общества.

Научная общественность России и других стран отдавала должное мужественным попыткам Лебедева спасти от развала первую научную школу физиков. Большой друг Лебедева — известный физик Г. А. Лорентц писал: «Я считал его одним из первых и лучших физиков нашего времени и восхищался тем, как он в последний год при самых неблагоприятных условиях сумел поддержать в целостности основанную им московскую школу и нашел возможность продолжать общую работу. Теперь я узнаю, что он делал все это с уже расстроенным здоровьем, принося последние силы в жертву поставленной перед собой прекрасной цели». Он был потрясен безвременной кончиной выдающегося отечественного физика. «Пусть дух его живет в его учениках и сотрудниках по работе, — восклицал Лорентц, — и пусть посеянные им семена дадут богатый плод!»¹⁵.

Деяния Лебедева на поприще создания научной школы трудно оценить в полной мере. Об этом, в частности, свидетельствует судьба первых, зародившихся еще при жизни Лебедева физических центров Варшавского и Саратовского университетов.

В связи с начавшейся первой мировой войной физический центр Варшавского университета был эвакуирован и включен в состав Ростовского-на-Дону университета. После трагической смерти А. Р. Колли во время гражданской войны этот центр возглавил Е. В. Богословский. Основным направлением работы центра были исследования радиоспектроскопических свойств диэлектриков. Здесь получили научную квалификацию Н. С. Новосильцев, В. Н. Кессених, К. И. Алексеев, К. А. Водопьянов и многие другие известные отечественные ученые.

¹⁴ Архив АН СССР, ф. 293, оп. 3, д. 12.

¹⁵ Научное наследство АН СССР, 1948, т. 1, с. 606.

Наиболее талантливые воспитанники этого центра внесли свой вклад в дальнейшее развитие радиоспектроскопии диэлектриков, возглавив новые творческие коллективы.

В Саратовском университете, организованном в 1909 г. на базе медицинского факультета, преподавание и научные исследования по физике возглавил В. Д. Зёрнов. Этот ученик Лебедева создал при университете первую учебную и научную физическую лабораторию. Лебедевский дух научного творчества воодушевил многих молодых исследователей Саратовского университета, и это определило создание физико-математического факультета, деканом которого стал профессор Зёрнов. Спустя год он был избран ректором Саратовского университета.

Для усиления и дальнейшего развития научных работ он пригласил в университет молодого воспитанника школы Лебедева К. А. Леонтьева. Вскоре он возглавил группу физиков, занимавшихся исследованием проблемы электромагнитных колебаний. Успехи, достигнутые саратовскими физиками, предопределили зарождение нового научного направления, которое впоследствии стало одной из областей радиофизики. В университете были воспитаны многие исследователи, наиболее талантливые из них вскоре сами возглавили творческий коллектив Саратовского университета (В. П. Голубков, В. И. Калинин и др.).

В 1916 г. в Москве на базе лебедевской лаборатории при Народном университете им. Шанявского возник крупный научный центр — Физический институт Московского научного института, переименованный в дальнейшем в Институт физики и биофизики. Институт возглавил П. П. Лазарев.

Главные научные направления нового центра складывались из полученных в наследство от школы Лебедева проблем взаимодействия света и вещества, акустики и молекулярной физики. Воспитанники школы составили и основной костяк научных кадров института: здесь продолжили свои научные исследования Н. К. Щодро, Б. В. Ильин, С. И. Вавилов, П. Н. Беликов, а с 1916 г. начали работать Т. К. Молодой, Э. В. Шпольский, П. П. Павлов, К. А. Леонтьев, Н. Т. Федоров, В. И. Федорова, Н. Я. Селяков и С. Н. Ржевкин. Проблемы биофизики решались под непосредственным руководством П. П. Лазарева.

Биофизика зародилась в лаборатории еще при жизни Лебедева. Ученый считал, что «физиолог со знанием физики — или наоборот — может сыграть теперь огромную роль в истории науки»¹⁶. Исследования научных проблем в этой области базировались на теории Лазарева, относящейся к ионному происхождению возбуждения живых клеток.

Потребности нового планового хозяйства, связанные со строительством социализма в стране, внесли определенные коррективы в тематику научных исследований института. Здесь впервые начались систематические исследования проблем, связанных с изучением Курской магнитной аномалии (КМА), а также вопросов, относящихся к прикладной геофизической разведке, в частности магнито-сейсмической разведке на территории Советского Союза. Развитие строительства в стране потребовало от специалистов института решения некоторых вопросов архитектурной акустики. Нужды стекольной и керамической промышленности, проблемы буровой техники и теплоэнергетики вызвали необходимость разработки молекулярной физики. Продолжались здесь и исследования по фотофизике и физике люминесцентных явлений, теперь уже вызванные потребностями фотохимической промышленности и светотехники. Специалисты института, учитывая запросы развивающихся медицины и металлургии, с успехом решали вопросы рентгенотехники. Здесь же впервые начались систематические исследования физики моря. От их результатов зависело решение ряда биофизических задач (изучение мимикрии и биомеханики морских животных).

В этом научном центре страны, опираясь на идейное и организационное наследие П. Н. Лебедева, была воспитана самая большая по тому времени армия научных работников. К числу наиболее видных ученых, выросших в институте, принадлежат В. В. Шулейкин, А. П. Ребиндер, Г. А. Гамбургев, Г. С. Ландсберг, М. А. Волоревич, А. Г. Калашников, А. И. Заборовский, А. А. Логачев, С. В. Кравков, Н. Т. Федоров, Б. В. Дерягин, А. С. Предводителев, Т. К. Молодой, В. П. Лазарев, В. Л. Лёвшин, А. Н. Ляпунов, П. П. Павлов, А. С. Ахматов, А. К. Трапезников, Я. Л. Шехтман, В. С. Титов, М. И. Поликарпов,

¹⁶ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки. М., 1950, с. 133.

А. Л. Минц, Э. В. Шпольский, С. Н. Ржевкин, А. Н. Зильберман, В. В. Ефимов, С. С. Ковнер, Б. М. Яновский, П. В. Шмаков, Г. Х. Кекчеев и др. Многие из них впоследствии были избраны академиками и членами-корреспондентами АН СССР, удостоены правительственных наград и сами возглавили новые научные школы.

Успехи коллектива Института физики и биофизики и значительный рост научных кадров по соответствующим областям науки способствовали созданию в стране новых научно-исследовательских институтов и ряда самостоятельных лабораторий. Так, на базе рентгеновской лаборатории Института физики и биофизики был образован Государственный рентгеновский институт, при котором открылся специальный завод. Благодаря плодотворной деятельности института и завода отечественная медицина была полностью обеспечена рентгеновской аппаратурой.

Накопленный в Институте физики и биофизики опыт исследований многих физических проблем способствовал организации Института керамики и стекла, призванного решать научные вопросы развития стекольной и керамической промышленности. Рождение Института теоретической геофизики, Института биофизики, Морского гидрофизического института, Акустического института и ряда самостоятельных научно-исследовательских лабораторий также во многом обязано творческим успехам коллектива Института физики и биофизики.

В 1934 г. на базе физических лабораторий Института физики и биофизики был создан Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР. Новый институт возглавил С. И. Вавилов. Благодаря деятельности этого воспитанника школы Лебедева в институте быстро развились такие научные направления, как физика люминесцентных явлений, физика диэлектриков и физика космических частиц. Институт быстро вырос в крупнейший научный центр физической науки в Советском Союзе. Работы этого института способствовали появлению и развитию издания ряда журналов АН СССР по общим и прикладным вопросам физики.

Еще один научный центр физической науки действует при Московском государственном университете. Вскоре после Великой Октябрьской социалистической революции туда возвратились многие ученики Лебедева и возглавили научные исследования, положив в основу методы и содер-

жание работ своего учителя. В этом центре физической науки получили дальнейшее развитие начатые еще под руководством Лебедева исследования таких проблем, как радиоспектроскопия диэлектриков и магнетиков (В. И. Романов и В. К. Аркадьев). Одновременно возобновились рентгеноструктурные анализы твердых тел (Ю. В. Вульф и Н. Е. Успенский со своими учениками). Под руководством К. П. Яковлева были продолжены исследования по радиоактивности. А. К. Тимирязев и А. Б. Млодзеевский сосредоточили свои усилия на вопросах молекулярной физики, а Н. А. Капцов заинтересовался проблемами разряда в газах.

С приходом в университет Л. И. Мандельштама и Г. С. Ландсберга здесь стали решаться теоретические и экспериментальные вопросы физической оптики. П. Е. Краснушкин успешно провел исследования ультразвука, тем самым продолжив работы П. Н. Лебедева и его учеников.

В 1922 г. усилиями учеников Лебедева в МГУ был создан Научно-исследовательский институт физики и кристаллографии. Его возглавил Ю. В. Вульф. Первыми членами Ученого совета института были В. К. Аркадьев, В. Д. Зёрнов, А. Б. Млодзеевский, В. И. Романов, Н. Е. Успенский и К. П. Яковлев. С 1919 г. в университете начала работать магнитная лаборатория во главе с В. К. Аркадьевым. На базе работ ее сотрудников вскоре образовалась Московская научная школа магнитологов.

В организованном в 1920 г. первом Физико-техническом институте при научно-техническом отделе ВСНХ (теперь Всесоюзный электротехнический институт) ученики Лебедева В. И. Романов и Н. А. Капцов возглавили научные исследования по физике ионных и электронных процессов в газах и вакууме, а также по вопросам вакуумной техники. Достигнутые результаты помогли создать крупнейший в стране завод электровакуумной техники.

Ученики Лебедева, возродив в Московском университете былой творческий дух первой большой научной школы физиков в России, создали здесь крупнейший в стране физический научный центр. С успехом начали действовать научные лаборатории: магнитная, радиоманитной спектроскопии, рентгеноструктурного анализа и радиологии, физической оптики, а несколько позже — акустическая, молекулярных и тепловых явлений, электронных

и ионных процессов, адсорбционных и поверхностных явлений и другие лаборатории. Осуществляя преемственность методов и содержания научного творчества школы Лебедева, его ученики не только продолжали развивать в этом центре зародившиеся еще в период становления этой школы научные направления, но и вывели их на передний край мировой науки.

Созданные учениками Лебедева новые научные школы стали центрами подготовки научных кадров по соответствующим областям физики. Московская школа магнитологов во главе с В. К. Аркадьевым воспитала плеяду талантливых ученых-физиков, к числу которых относятся Б. А. Введенский — впоследствии академик АН СССР, А. А. Глаголева-Аркадьева — автор работы по генерированию радиополей субмиллиметровых диапазонов методом массового излучателя, В. А. Корчагин, исследовавший магнитные спектры, Н. С. Акулов, впоследствии возглавивший исследования проблем ферромагнетизма, Е. И. Кондорский, развивший теорию обратной магнитной восприимчивости и коэрцитивной силы, Н. Н. Малов, посвятивший себя исследованию проблем радиоспектроскопии диэлектриков и радиотехники, Р. В. Телеснин, успешно исследовавший закономерности магнитной вязкости. В школе Аркадьева получили творческое воспитание Е. П. Островский, Б. А. Садиков, Ю. В. Басов, П. С. Кудрявцев, К. А. Волкова, Ф. Б. Черный, О. И. Велецкая, И. М. Кирко, В. М. Гойтаников, А. И. Пильщиков и многие другие советские ученые.

Большую роль в развитии идей Лебедева сыграли исследования радиоспектроскопии диэлектриков, а затем электронных и ионных процессов в газах и вакууме. Во главе их стояли В. И. Романов, а затем Н. А. Капцов, подготовившие большую группу специалистов в этих областях физики: П. В. Тимофеева, С. Д. Гвоздовера, Г. В. Спивака, А. В. Афанасьева, С. К. Моралева, А. А. Зайцева, Э. М. Рехруделя, Х. М. Фаталиева и многих других. Итоговые исследования электронных и ионных процессов, обобщенные Н. А. Капцовым в монографии «Электроника»¹⁷, стимулировали развитие теоретических исследований плазменного состояния материи в трудах А. А. Власова и его учеников.

¹⁷ Капцов Н. А. Электроника. М., 1954.

Хорошие научные кадры подготовил Н. Е. Успенский, занимавшийся вопросами рентгеноструктурного анализа твердых тел. Его первый ученик С. Т. Конобеевский, следуя лучшим традициям школы Лебедева, в свою очередь воспитал группу специалистов по этому разделу физики твердого тела.

Слова Г. А. Лорентца оказались пророческими: семена, посеянные великим русским физиком, дали удивительно богатый урожай.

Рождение новых научных направлений физики

П. Н. Лебедев, как теперь выяснилось, давая задания своим ученикам, с самого начала наметил цель установить такие закономерности поглощения и отражения акустических, гидродинамических и электромагнитных волн соответствующими резонаторами, которые открывали бы путь к познанию строения и физических свойств материи. В те далекие времена лучше всего были изучены элементарные законы поглощения света, в частности законы дисперсии света. Лебедев стремился выяснить также законы резонансного поглощения разными веществами электромагнитных и акустических волн. Иначе говоря, целью было установление спектральных характеристик веществ в широких диапазонах электромагнитных и акустических волн. Сюда относятся исследования ультразвуковых закономерностей, диэлектрических и магнитных спектральных характеристик веществ, а также фотохимических и люминесцентных свойств вещества. История зарождения этих направлений будет неполной, если не будут освещены успехи, достигнутые учениками Лебедева уже в советский период.

Акустика. Наиболее интересным направлением этого раздела физики оказалась так называемая молекулярная акустика, т. е. та область акустики, которая изучает законы распространения ультразвука в средах и связанные с ними молекулярные строения и соответствующие им физические свойства различных веществ.

Зарождение молекулярной акустики началось с работы первого ученика Лебедева — П. Б. Лейберга, исследовавшего декремент затухания обычных акустических резона-

торов. Другой его ученик, В. Я. Альтберг, смог уже исследовать и точно оценить величину давления звука. Затем он успешно решил вторую задачу — по указанному Лебедевым пути развил метод генерирования коротковолнового звука, основанного на разрядке конденсатора¹⁸. Еще до этого Н. Н. Златовратский добился некоторого успеха в разработке оптического метода индикации коротковолнового звука, а работа В. Д. Зёрнова завершилась созданием оригинального прибора, названного «фонометром Зёрнова» и предназначенного для измерения абсолютной силы звука¹⁹.

Все эти достижения позволили поставить такую задачу: найти область аномального поглощения звука в газах. Успешно справился с этим Н. П. Неклепаев в 1910 г.²⁰ Одновременно Лебедев поручил А. Б. Млодзеевскому обнаружить ту область частот звука, где скорость распространения последнего не останется постоянной при данной температуре и давлении газа. При решении задачи этот молодой исследователь использовал метод Физо и определял скорости звука, характеризуемые частотами в пределах от 10 тыс. до 33 тыс. колебаний в секунду²¹. Наконец, сам Лебедев, анализируя результаты исследований Н. П. Неклепаева, теоретически предсказал существование предельной длины волны звука в воздухе, обусловленное внутренним трением, теплопроводностью, строением и формой молекул газа²².

Н. Н. Неклепаев установил значительное увеличение коэффициента поглощения звука высокой частоты. Согласно закону поглощения Стокса — Кирхгофа сила звука должна уменьшаться экспоненциально

$$I = I_0 e^{-A \pi \lambda},$$

где I_0 — исходная сила звука; A — коэффициент поглощения; λ — длина звуковой волны.

Величина A зависит от коэффициента внутреннего трения, от теплопроводности и от формы молекул газа; она была экспериментально исследована другими авторами и характеризовалась для воздуха величиной $A = 0,00037$.

¹⁸ ЖРФХО, 1907, т. 39, вып. 3.

¹⁹ Там же, 1906, т. 38, вып. 7.

²⁰ Там же, 1911, т. 43, вып. 3, с. 101—107.

²¹ Там же, 1910, т. 42, вып. 3, с. 100—116.

²² Там же, 1911, т. 43, вып. 3, с. 108—110.

Однако Неклепаев обнаружил, что для волн коротких длин $A = 0,00075 \pm 0,00005$.

В этой связи П. Н. Лебедев в статье «Предельная величина коротких акустических волн» обратил внимание на следующее: «...насколько мы вправе пользоваться, по Стоксу и Кирхгофу, теми коэффициентами, которые были измерены при установившихся процессах трения и теплопроводности, и прилагать их к процессам, которые перемещаются в пространстве со скоростью звука, т. е. со скоростями, близкими к скоростям молекул газа, и которые периодически меняются на расстоянии длины волны; а эта длина не бесконечно велика по сравнению с длиной среднего свободного пути молекул»²³.

Полагая, что постоянная $A = 0,00075$ не увеличивается для волн коротких длин, Лебедев нашел тот путь l , пробегая который звуковая волна ослабляется до одной сотой доли своей первоначальной силы; такими величинами пробегов являются для

$$\begin{array}{ll} \lambda_1 = 0,8 \text{ мм} & l_1 = 40 \text{ см} \\ \lambda_2 = 0,4 \text{ мм} & l_2 = 10 \text{ см} \\ \lambda_3 = 0,2 \text{ мм} & l_3 = 2,5 \text{ см} \\ \lambda_4 = 0,1 \text{ мм} & l_4 = 0,6 \text{ см} \end{array}$$

«Тут мы приходим, — заключает Лебедев, — к предельным величинам коротких акустических волн».

Это обнадеживающее заключение указывало на возможность дальнейших исследований свойств ультразвука. Для каждой среды, следовательно, должна существовать предельная звуковая частота, связанная с величиной коэффициента поглощения этой средой звука данной частоты. И поскольку коэффициент поглощения тесно связан с молекулярным состоянием и природой молекул, постольку становится возможным познать свойства и структуру вещества методом распространений в нем ультразвука.

Указанная Лебедевым связь между молекулярным состоянием вещества и свойством распространения в нем ультразвука оказалась той физической основой, на которой развилась молекулярная акустика. Установленная Лебедевым связь открыла двери в мир сложных и интересных

²³ Там же.

физико-химических и физико-биологических явлений и закономерностей в различных средах.

Но чтобы пустить в этот мир исследователя, необходимо было прежде всего усовершенствовать методы генерирования ультразвука. Эта проблема была решена французскими учеными в 20-х годах XX в. путем применения давно известного пьезоэлектрического эффекта. Впоследствии были созданы ультразвуковые генераторы, основанные на магнитострикционном эффекте.

Исследователь должен непременно обладать надежным средством измерения всех параметров, определяющих свойства ультразвука в средах. Такие средства появились лишь к концу первой половины XX в., тогда стало возможным дальнейшее развитие молекулярной акустики.

Ученики Лебедева продолжили в советское время некоторые исследования в области звука. Они осуществлялись в лаборатории П. П. Лазарева. В первый период Лазарев организовал акустическую лабораторию в Институте физики и биофизики, где под его руководством сотрудник П. Н. Беликов осуществил серию экспериментов по поглощению звука разными средами и экспериментально установил закон экспоненциальной зависимости поглощения звука от толщины поглощающего вещества. Затем было обнаружено избирательное поглощение, аналогичное поглощению света, если акустическая среда представляет собой систему резонаторов²⁴.

В 20-х годах П. П. Лазарев обратил внимание на следующий обнаруженный им акустический эффект: при распространении звука в воздухе импульсами разной активности изменяется скорость распространения звуковой волны в зависимости от амплитуды этой волны²⁵. Тогда же Лазарев организовал детальное изучение этого эффекта. В частности, Б. В. Дерягин, У. Б. Базарон и А. В. Булгодаев осуществили открытие и исследование поперечных ультразвуковых волн в жидкостях с частотой 70 килогерц. В последующем учение об ультразвуковых свойствах вещества обогатилось теоретическими и экспериментальными работами отечественных и зарубежных ученых. В Советском Союзе были созданы научные центры по молекулярной акустике.

²⁴ Десять лет Институту физики и биофизики Наркомздрава. 1919—1929 гг. — В кн.: *Лазарев П. П.* Очерки истории русской науки, с. 75.

²⁵ *Лазарев П. П.* Собр. соч. М., 1950, т. 2, с. 509—514.

Начавшееся в 1935 г. строительство Дворца Советов потребовало решения специальных вопросов прикладной акустики. Их исследованиями занялись С. Н. Ржевкин и Н. Н. Андреев. Установленные ими некоторые закономерности звукопоглощения и отражения сыграли важную роль в зарождении нового научного направления советской науки, названного архитектурной акустикой. Впоследствии С. Н. Ржевкин возглавил исследование по резонансным звукопоглотителям, берущее свое начало в идеях П. Н. Лебедева.

Исследования законов биологического действия звука под руководством П. П. Лазарева²⁶ в работах П. Беликова, В. Левшина, Н. Васильева, А. Ахматова и С. Ржевкина положили начало развитию в стране физиологической акустики — самостоятельной области биофизики. Основные результаты, полученные в этой области науки, обобщены Ржевкиным в специальной монографии²⁷.

Не будет преувеличением сделать такое заключение: успешные начинания учеников школы П. Н. Лебедева оказали определяющее влияние на развитие в нашей стране исследований проблем физической и прикладной акустики.

Радиоспектроскопия диэлектриков. Исходными трудами по радиоспектроскопии диэлектриков были исследования школы Лебедева — А. Р. Колли, Т. П. Кравца и В. И. Романова. Первый из них начал предварительные поиски радиоспектроскопических свойств жидких диэлектриков еще в конце XIX в. Эту же задачу Лебедев поручил решить тогда и Т. П. Кравцу, но специально в области аномального поглощения ультракоротких электромагнитных волн водой. Вскоре и В. И. Романов получил задание экспериментально отыскать диэлектрические потери в твердых диэлектриках. А. Р. Колли удалось устранить влияние затухающих колебаний на измерительную линию. И хотя он обнаружил некоторые аномальные явления поглощения в бензоле, толуоле и воде, тем не менее Лебедев еще не был уверен в надежности этих результатов. Лишь в 1906 г. Колли смог улучшить результаты своих прежних исследований и опубликовать их²⁸.

²⁶ Там же.

²⁷ Ржевкин С. Н. Слух и речь в свете современных физических исследований. М., 1936.

²⁸ ЖРФХО, 1907, т. 39, вып. 8, с. 210—233.

Т. П. Кравцу обнаружить ожидаемый эффект не удалось. И поскольку тогда еще трудно было надежно оценивать полученные им результаты, Лебедев считал, что Кравцу не следует публиковать свой труд: нужно было улучшить метод измерения и расширить диапазон частот электромагнитных полей. Не получил от Лебедева полного согласия на опубликование своих начальных исследований и В. И. Романов.

Все эти исследователи встретили ряд трудностей в возбуждении дециметровых волн в проволоках, а также в надежном измерении поглощения проволоками электромагнитных полей этого диапазона частот. Преодоление этих трудностей составило основную задачу дальнейших исследований В. И. Романова. Полученные результаты были опубликованы в 1912, а затем в 1918 г.²⁹

Таким образом, исследования А. Р. Колли, Т. П. Кравца и В. И. Романова положили начало новому научному направлению отечественной физики, впоследствии получившему название радиоспектроскопии диэлектриков.

Начальные знания о радиоспектроскопических свойствах диэлектриков опирались на первоначальные попытки отдельных исследователей проверить справедливость формулы Максвелла $n = \sqrt{\epsilon\mu}$. Они показали, что в ряде случаев эта формула справедлива, однако для воды и некоторых других веществ экспериментальные данные, полученные, в частности, и самим Лебедевым, этому закону не соответствуют.

Еще в 1888 г. Гуи во Франции, Кон и Аронс в Германии обнаружили, что диэлектрическая постоянная воды, найденная по показателю преломления света в воде, равна 1,77, а характеристика, измеренная методом П. А. Зилова (методом сравнения электроемкостей конденсаторов), принимает значение 90. Получив расхождение найденных им экспериментальных данных для полярных жидких диэлектриков и паров с теорией Клаузиуса—Моссотти, П. Н. Лебедев еще в 1891 г. указывал на то, что эти расхождения обусловлены структурой молекул и электрическими их свойствами³⁰. В 1901 г. И. И. Косоногов, применяя оптический метод, обнаружил диспер-

²⁹ ЖРФХО, 1912, т. 44, вып. 7, с. 377—389; 1918, т. 50, вып. 4-6, с. 57—133.

³⁰ Лебедев П. Н. Собр. соч. М., 1963, с. 30.

сию электромагнитных полей высокой частоты в касторовом масле.

Обобщая все эти факты, П. Н. Лебедев писал: «Исследование полного спектра вещества открывает перед нами возможность проникнуть в геометрическое распределение зарядов отдельных атомов и молекул, изучить строение их и подойти к решению самых разнообразных физико-химических вопросов. Эта огромная задача, которую электронная теория материи ставит спектральному анализу, открывает спектроскопии широкое поле интересной и плодотворной работы, но она требует для своего решения ряда систематически проведенных исследований в разных частях спектра.

Работы А. Р. Колли, как первые спектроскопические работы в области волн Герца, естественно были ограничены сравнительно небольшим интервалом колебаний; вот почему ближайшей задачей спектроскопии является систематическое определение положений полос поглощения по всей доступной нам шкале электромагнитных волн и отыскание для разных веществ того определенного периода колебаний электронов, с которого начинается для них отступление от закона Максвелла»³¹.

«Программу Лебедева» предстояло выполнить воспитанникам первой большой школы физиков в России. И чтобы яснее выявить плюсы и минусы их исследований, напомним, что А. Р. Колли получил первые результаты по радиоспектроскопическим свойствам жидких диэлектриков усовершенствованным методом Друде — методом параллельных проводов, помещаемых вначале в известную жидкость, а затем в жидкость с неизвестной диэлектрической постоянной. Определяя длины волн, распространяющихся по этим проводам в одном и другом случаях, учитывая частоту распространяющихся электромагнитных полей, по математическим соотношениям вычисляют искомую величину диэлектрической постоянной. Например, поскольку скорость распространения связана с длиной волны и частотой соотношением $C = \lambda/T$, то, вычислив эту величину в случае распространения электромагнитных полей в вакууме и в исследуемой среде, по формуле Максвелла находят соответствующие значения диэлектрических постоянных.

³¹ *Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 335—336.*

Введя свои усовершенствования, Колли удалось точнее измерить длину волны; в диапазоне 40—60 см ошибка не превышала сотой доли процента. Из обнаруженных своеобразных колебаний показателя преломления были найдены и такие, которые указывали на полосы поглощения. Впоследствии было обнаружено слишком явное несоответствие полученных Колли характеристик для воды с более точными данными.

Учитывая важность знания диэлектрических свойств воды для развивающейся техники радиосвязи, Е. В. Богословский, в свое время рекомендованный Лебедевым в этот научный центр, совместно с сотрудниками Н. С. Новосильцевым, а затем с В. Н. Кессенихом и К. А. Водопьяновым вновь проверили результаты Колли и установили отсутствие аномальной дисперсии в воде электромагнитных полей метрового и дециметрового диапазонов³².

Желание выявить причины несовпадения с результатами Колли вызвало серию экспериментов, осуществленных в физических центрах лебедевской школы в Ростовском и Московском университетах. В. Н. Кессених и К. А. Водопьянов установили несовершенство применяемого Колли метода двухпроводной линии³³. Дальнейшее исследование показало, что этот метод порождает существенные погрешности в измеряемой величине на сверхвысоких частотах. В этой связи встал вопрос об усовершенствовании метода измерения диэлектрических постоянных на этих частотах. Проблема решалась учениками В. К. Аркадьева Б. А. Введенским³⁴ и Н. Н. Маловым³⁵.

В МГУ вначале под руководством В. И. Романова, а затем самостоятельно воспитанниками школы Лебедева была осуществлена серия экспериментов по измерению диэлектрической постоянной воды в полях сверхвысоких частот. При этом были использованы совершенные методы, лишенные погрешностей, присущих методу Друде, использованному Колли. В результате окончательно была установлена область аномальной дисперсии воды, максимум проявления которой соответствует длине волны

³² ЖРФХО, 1929, т. 61, вып. 8, с. 507; Ученые записки РГУ, 1938, т. 2, с. 24.

³³ ЖЭТФ, 1932, т. 2, с. 273.

³⁴ Изв. АН СССР, ОТН, 1945, вып. 8, с. 696.

³⁵ ЖЭТФ, 1946, т. 16, с. 495.

1,68 см при температуре 18°С, а также выявлена существенная зависимость этой области от температуры³⁶.

Особый интерес к проблеме аномальной дисперсии электромагнитных полей в воде был вызван чрезвычайной распространенностью этой жидкости на Земле. Потребности же радиосвязи значительно расширили используемый на практике диапазон частот электромагнитных полей, включающий и те частоты, при которых проявляется аномальная дисперсия воды. Как свидетельствует история, эта проблема, поставленная еще Лебедевым, была решена лишь в 1946 г. И путь ее решения был проложен трудами его учеников и их воспитанников.

Развитие радиотехники в стране потребовало решения и других задач радиоспектроскопии диэлектриков. Одна из них — экспериментальное исследование зависимости так называемых диэлектрических потерь от частоты электромагнитного поля в широком диапазоне. В связи с ее решением встал вопрос о методах экспериментального измерения этих характеристик диэлектриков.

Один из методов был разработан В. К. Аркадьевым³⁷. Сущность его состоит в том, что исследуемую диэлектрическую жидкость помещают в кольцевую трубку и подвергают воздействию электромагнитного поля. Поглощенная электромагнитная энергия может быть измерена степенью нагревания жидкости. Для этого к трубке присоединяется капилляр, по высоте уровня жидкости в котором можно судить о температуре нагрева. Зная массу жидкости, нетрудно подсчитать и диэлектрические потери. Этим методом может быть измерена и составляющая часть комплексной диэлектрической постоянной.

В. К. Аркадьев внес определенный вклад в теорию диэлектрических потерь и построил общую теорию радиоспектроскопических свойств диэлектриков и магнетиков³⁸. Труды ученого стимулировали появление экспериментальных и теоретических исследований, проведенных его учениками и сотрудниками. Так, Н. Н. Малов развил идеи Аркадьева применительно к диэлектрическим характеристикам вещества в полях сверхвысоких частот, разработав метод экспериментального исследования радио-

³⁶ Ученые записки МГУ, 1946, вып. 95, кн. 4, с. 165.

³⁷ Аркадьев В. К. Электромагнитные процессы в металлах. Ч. 2. М., 1936, с. 25.

³⁸ Там же.

спектроскопических свойств диэлектриков, известный под названием «метода абсолютно черного диэлектрика».

Интересен также эксперимент Н. А. Капцова, осуществленный и в 1922 г.³⁹ Идея эксперимента была занесена в дневник Лебедевым и предназначалась, как уже говорилось выше, для доказательства дифракционного происхождения «дырковых фотографий», полученных им в результате прохождения X-лучей через кристаллы. Н. А. Капцов наблюдал эти дифракционные эффекты на электромагнитных волнах. Однако другие исследователи плодотворно использовали идею капцовского эксперимента в изучении «металлических диэлектриков». Как известно, проявляющаяся в них поляризация не сопровождается образованием объемных зарядов.

Анализ приведенных выше фактов позволяет утверждать, что в основе зарождения и развития отечественной радиоспектроскопии диэлектриков лежат прежде всего труды П. Н. Лебедева и его учеников.

Радиомагнитная спектроскопия магнетиков. Родоначальником этого интересного и очень важного раздела физики по праву следует считать В. К. Аркадьева. По заданию Лебедева он еще в 1908 г. установил спадание магнитных свойств железа, никеля и стали при уменьшении длины волны электромагнитного поля, распространяющегося по проволокам из этих металлов⁴⁰.

Вначале Аркадьев осуществил эксперимент с железными, медными, бронзовыми и платиновыми проволоками, применив оптический метод — метод отражения электромагнитных волн от проволочных решеток из этих металлов. При этом он констатировал спадание магнитных свойств железа в диапазоне длины волны электромагнитного поля от 30 до 3 см. Затем Лебедев предложил ему продолжить исследования методом распространения электромагнитных волн по параллельным проводам (методом Колли). И вот тут Аркадьеву удалось обнаружить спадание магнитной проницаемости ферромагнитных веществ в областях электромагнитных полей с длиной волны от 72,3 до 1,3 см. При длине волны в 1,3 см

³⁹ Капцов Н. А. О дифракции электромагнитных волн в пространственной решетке. — Тр. III съезда Росс. асс. физ. М., 1923, с. 23.

⁴⁰ Труды Об-ва любителей естеств. и антроп., 1908, т. 21, вып. 1.

никель полностью утрачивает ферромагнитные свойства⁴¹. В отличие от диэлектриков радиомангнитные свойства магнетиков проявляются в довольно широком диапазоне длин волн.

Успехи Аркадьева способствовали дальнейшему развитию учения о радиомангнитных свойствах ферромагнитных веществ. В частности, сам Аркадьев, развивая свои идеи, высказался за усовершенствование классических уравнений Максвелла. Основываясь на характерных для того времени представлениях о сущности взаимодействия электромагнитного поля и вещества, Аркадьев пришел к выводу о необходимости использования в теории этого взаимодействия ранее не признававшегося понятия «магнитной проводимости». Он ввел также величину, характеризующую магнитную проводимость вещества, в котором распространяется электромагнитное поле. При этом учитывалось, что величины электропроводности и магнитопроводности зависят от частоты электромагнитного поля.

Следствием этих предпосылок явилось следующее его обобщение: всякое вещество должно характеризоваться четырьмя физическими величинами — диэлектрической проницаемостью и электрической проводимостью, магнитной проницаемостью и магнитной проводимостью. Все эти электрические и магнитные характеристики вещества должны быть функциями частоты электромагнитного поля. Вещество же, характеризующееся этими двумя парами величин, Аркадьев назвал бикомплексным, так как эти величины должны выражаться комплексными соотношениями

$$\varepsilon = \varepsilon_r + i\varepsilon_i$$

и

$$\mu = \mu_r + i\mu_i.$$

Интуиция подсказала Аркадьеву необходимость добавить в обычную систему уравнения Максвелла еще один член, характеризующий магнитопроводные свойства вещества. В результате он записал уравнения электромагнитного поля, распространяющегося в бикомплексной среде, в виде

⁴¹ ЖРФХО, 1912, т. 46, вып. 7, с. 165.

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{\epsilon r}{C} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi\gamma}{C} \mathbf{E},$$

$$-\operatorname{rot} \mathbf{E} = \frac{\mu r}{C} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} + \frac{4\pi\rho_m}{C} \mathbf{H}.$$

Эту систему уравнений по праву можно назвать уравнениями Максвелла—Аркадьева. Все другие ранее известные уравнения являются частными: они выражают частные случаи распространения электромагнитных полей в веществах, не являющихся бикомплексными средами.

Если допустить, что поле распространяется в бикомплексной среде по синусоидальному закону, то волновое уравнение этого поля примет вид

$$\frac{\epsilon\mu}{C} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} \quad \text{и} \quad \frac{\epsilon\mu}{C} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 H}{\partial x^2},$$

где диэлектрические и магнитные характеристики являются комплексными величинами, а значит, и коэффициент преломления поля в этой среде будет комплексной величиной.

В то время когда Аркадьев предпринял попытку построить общую теорию радиоспектроскопических свойств вещества, представления об атомном и молекулярном строении вещества еще были далеки от совершенства. Опираясь лишь на установленные им и другими учениками Лебедева зависимости диэлектрических и магнитных свойств от частоты электромагнитного поля, Аркадьев смог построить только феноменологическую теорию радиоспектроскопических свойств бикомплексных сред и получить соотношения

$$\epsilon_r = 1 + (\epsilon_\infty - 1) \frac{1 - \nu^2}{\theta^2 \nu^2 + (1 - \nu^2)^2};$$

$$\mu_r = 1 + (\mu_\infty - 1) \frac{1 - \nu^2}{\theta^2 \nu^2 + (1 - \nu^2)^2}$$

и

$$\gamma = \frac{\epsilon_\infty - 1}{2T_0} \frac{\theta \nu^2}{\theta^2 \nu^2 + (1 - \nu^2)^2}; \quad \rho_m = \frac{\mu_\infty - 1}{2T_0} \frac{\theta \nu^2}{\theta^2 \nu^2 + (1 - \nu^2)^2},$$

в которых $\nu = T_0/T$; здесь T_0 — период собственных колебаний резонирующих центров среды; T — период воздействующего на них электромагнитного поля; θ — коэффициент



Владимир Константинович Аркадьев

ент вязкости или трения, который может принимать значение 2, если отсутствуют собственные колебания, и значение < 2 , если колебания затухающие. В случае $\Theta = 0$ в системе отсутствуют и затухающие колебания.

Отметим, что первоначальная теория была построена Аркадьевым еще в 1912—1913 гг. В дальнейшем она была усовершенствована и явилась методологической базой частных экспериментальных и теоретических исследований самого автора и его учеников и последователей. Однако осуществленные Аркадьевым экспериментальные и теоретические исследования ранних периодов следует считать историческими: они позволили открыть естественный магнитный резонанс ферромагнитных веществ. Это открытие явилось замечательной вехой в учении о ферромагнитных, парамагнитных и других резонансных явлениях, с помощью которых стало возможным познавать удивительные и глубокие закономерности, проявляющиеся на атомном и ядерном уровнях развития материи.

Уже в первое десятилетие плодотворной деятельности Московской магнитной лаборатории был установлен об-

ций магнитный спектр ферромагнитных веществ. Спектр этот оказался неоднородным: он состоит из двух ступеней спада магнитной проницаемости, причем верхняя область кривой спада соответствует низким частотам, а нижняя — ультравысоким частотам радиополей. Вскоре выяснилось, что первая ступень спада связана с наличием магнитной вязкости ферромагнитных металлов, вторая же обязана своим существованием резонансному поглощению электромагнитной энергии резонирующими магнитными вибраторами.

Учениками Аркадьева было открыто влияние внешнего магнитного поля, действующего на ферромагнетик, на положение ступеней общего магнитного спектра⁴². Это открытие школы Аркадьева оказалось чрезвычайно важным для учения о магнитном резонансе. Впоследствии была построена теория индуцированного магнитного резонанса, т. е. теория, учитывающая влияние внешнего магнитного поля на положение резонансного максимума и базирующаяся на квантовомеханическом характере взаимодействия квантовых вибраторов и электромагнитного поля. Осуществленные советскими и зарубежными исследователями эксперименты подтвердили квантовомеханический характер индуцированного магнитного резонанса как в случае ферромагнетиков, так и в случае ядерного магнетизма и парамагнетиков.

Фотохимические закономерности и физика люминесценции. Как теперь установлено, выполнение «Программы Лебедева» не исчерпывалось решением только проблем радиоспектроскопии диэлектриков и магнетиков, она охватывала широкий круг вопросов, касающихся познания закономерностей взаимодействия конкретных видов вещества и электромагнитных полей известных и неизвестных диапазонов частот. В частности, в эту «Программу» включались исследования спектральных закономерностей в области инфракрасных лучей. Начальные исследования этих закономерностей были осуществлены К. П. Яковлевым с помощью оригинального спектрографа инфракрасных лучей: в 1914 г. им была защищена ма-

⁴² Тр. Гос. электро-энерг. ин-та 1926, т. 17, вып. 69, с. 63; ЖРФХО, 1926, т. 58, вып. 9, с. 181; Тр. V съезда Росс. асс. физ., 1926. Другие достижения школы Аркадьева обобщены в двух томах «Электромагнитные процессы в металлах» (М., 1936).

гистерская диссертация на эту тему. В дальнейшем оказалось, что для глубокого анализа полученных им спектров необходимы надежные знания строения атомов и молекул. Как известно, они появились лишь к концу первой половины XX в.: во времена Лебедева еще не созрели исторические условия для более глубокого исследования инфракрасной спектроскопии. Однако накопление экспериментального материала было полезно, причем оправдывались и экспериментальные исследования закономерностей фотохимического и люминесцентного действия света: накопленный материал, по мнению Лебедева, способствовал более глубокому пониманию механизма этого действия и строения материи, связи физического строения и физических свойств материи.

Исследования этих закономерностей начались еще при жизни Лебедева его учениками. Полученные ими первые успешные результаты легли в основу двух новых научных направлений отечественной физики, о которых речь шла в предыдущих разделах главы.

Учение же о фотохимии долгое время находилось в эмбриональном состоянии. Правда, существовали первоначальные догадки Ж. Сенебье (1700) о прямой зависимости эффективности химического действия от времени освещения, подтвержденной экспериментально лишь в XIX в., а также утверждения Т. Гротгуса о том, что химическое воздействие оказывают лишь дополнительные цвета для данного вещества; дальнейшее развитие эта мысль получила в работах Э. Беккереля, Ж. Жамена, К. Тимирязева, Вант-Гоффа, В. Нернста и др.⁴³

Фотохимия как наука созрела лишь к концу XIX в., когда она вступила в фазу установления физических законов, управляющих фотохимическими процессами. Она перестает быть частью химии и всецело переходит к физической науке. Такому обновлению и развитию фотохимия во многом обязана трудам П. П. Лазарева и его сотрудников⁴⁴.

⁴³ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 396.

⁴⁴ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, раз. 11. Очерки истории русской науки. М., 1957, с. 82—87; Вавилов С. И. Собр. соч., т. 1, М., 1954, с. 51—128; Кравец Т. П. Абсорбция света в растворах окрашенных веществ. Экспериментальное и теоретическое исследование. — Изв. Моск. инж. уч., 1912, ч. 2, вып. 6, с. 1—114. В дальнейшем мы будем ссылаться на данные этих трудов.

Вначале успеха добился П. П. Лазарев. Он провел экспериментальное исследование действия света на различные краски (около 100 разновидностей) и установил определенную зависимость химического действия каждого участка спектра света от энергии этого света. Ученый применил сугубо физический метод: установка состояла из специального источника света (лампа Нернста), спектрального аппарата, спектрофотометра и термоэлектрического индикатора. Исследование выцветания красок, помещаемых в спектральные области поглощения, проводилось в разных условиях (в вакууме, озонном газе и газе CO_2 с различными давлениями и температурами)⁴⁵. Время экспозиции — 72 час.

Анализ полученных результатов позволил Лазареву установить следующий закон фотохимии: отношение количества разложившегося вещества под действием света к величине поглощенной световой энергии остается постоянным в пределах простой полосы абсорбции независимо от длины волны⁴⁶. Математическое выражение этого закона имеет такой вид:

$$M/E = B,$$

где M — количество разложившегося вещества; E — световая энергия; B — константа, зависящая от природы вещества.

Во время исследований делались попытки построить такую теорию фотохимических реакций, которая объясняла бы механизм этого вида действия света на вещество. В их основе лежали еще классические представления, допускающие не только неспособность света малой интенсивности оказывать химическое воздействие, но и существование амплитудного порога фотохимического процесса, выступающего неизбежным следствием электронно-резонансного поглощения света.

Как указали С. В. Кравков и Б. В. Дерягин, установленный Лазаревым закон по существу опроверг эти представления и оказался непосредственным предшественником современной теории фотохимических процессов⁴⁷.

⁴⁵ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 455.

⁴⁶ Там же.

⁴⁷ Там же, с. 623.

В 1912 г. А. Эйнштейн указал на квантовый характер химического действия света. При этом каждый поглощенный фотон разлагает одну молекулу, согласно $M = nm$, $E = nh\nu = nhc/\lambda$. Подставляя это в закон Лазарева, получим $M/E = c\lambda$, где c — новая константа, зависящая от природы вещества.

Таким образом, для одной узкой полосы поглощения $c\lambda = B = \text{const}$. Такое отличие содержания закона Лазарева от закона квантовой эквивалентности в узкой области полосы поглощения указывает на то, что установленный Лазаревым общий закон фотохимии включает квантовую эквивалентность и представляет собой среднеинтегральный закон, экспериментально подтверждающийся для случаев одной полосы поглощения.

Хотя до настоящего времени основным законом фотохимии все еще считается закон квантовой эквивалентности, однако, как показали исследования Лазарева и его сотрудников (С. И. Вавилова, Н. К. Щодро, Э. В. Шпольского, А. К. Трапезникова и др.), механизм химического действия света значительно отличается от простого квантово-эквивалентного механизма. Так, в областях ультрафиолетовых лучей и рентгеновских лучей наблюдаются значительные отступления от закона эквивалентности, но они в общем хорошо согласуются с интегральным законом Лазарева⁴⁸.

Как показал дальнейший ход развития этой области физики, механизм фотохимических реакций не сводится к одноактовому поглощению молекулами фотонов, а связан со способностью молекул вещества дезактивироваться. При большой энергии фотонов на фотопревращаемые молекулы могут действовать и образовавшиеся фотоэлектроны, тем самым давая начало вторичным актам превращения. В общем физическая картина сложна, она включает в себя и процесс уменьшения, и процесс увеличения дезактивации.

Сложность механизма химического действия света побудила физиков ввести весьма удобную величину, названную квантовым выходом, позволяющую классифицировать механизм фотореакций. Эта величина определяется отношением числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. В простейшем случае, отвечающем

⁴⁸ Лазарев П. П. Очерки истории русской науки, с. 82—87.

закону эквивалентности, квантовый выход равен единице. В практике, однако, в большинстве случаев он либо меньше, либо больше единицы. В первом случае дезактивация преобладает над фотохимическими реакциями, во втором — первые акты порождают вторичные и дают начало цепным реакциям.

Раскрытие сложного механизма химического действия света во многом обязано трудам П. П. Лазарева и его учеников и сотрудников. Оказалось, что чистое фотохимическое действие лучей характерно для видимой части спектра, в ультрафиолетовых участках спектра это действие осложняется образующимися потоками фотоэлектронов. И если энергия фотоэлектронов незначительна, то влияние их на фотохимический процесс несущественно. Существенным оно становится лишь в случаях действия рентгеновских лучей.

Долгое время эти воззрения Лазарева не были общепризнанными. Однако, как указал в 1952 г. А. Н. Теренин⁴⁹ в докладе «Работы П. П. Лазарева по фотохимии», концепция Лазарева и работы его школы по фотопроводимости красителей оказались актуальными. Современные воззрения на эту проблему во многом обязаны трудам Лазарева и его учеников⁵⁰.

Последующие исследования другого ученика Лебедева, Т. П. Кравца, в области фотохимии были посвящены изучению физической природы фотографического изображения. Кравец предположил, что получение скрытого изображения в бромистом серебре представляет собой частный случай фотохимического окрашивания кристаллов. Исследования его группы подтвердили это предположение⁵¹.

Как видим, роль школы Лебедева в зарождении и развитии и этого научного направления отечественной физики огромна. Так же велика роль работ С. И. Вавилова и его учеников в формировании другого научного направления отечественной науки — физики люминесценции. Мы ограничимся здесь лишь анализом тех достижений в этой области, с которыми непосредственно связано

⁴⁹ Матер. юбил. заседания отделения физ.-мат. наук АН СССР. М., 1952.

⁵⁰ Физический энциклопедический словарь. М., 1966, т. 5, с. 358.

⁵¹ ЖТФ, 1951, т. 21, вып. 4, с. 387.



Петр Петрович Лазарев

наследие школы Лебедева и значение которых особенно велико.

Изучение физики люминесцентных процессов также относится к тем проблемам взаимодействия света и вещества, интерес к которым проявлял Лебедев. Как уже отмечалось, он увлекся проблемой люминесценции урановой соли. В то время уже было обнаружено явление люминесценции урановой соли, возникшее под действием X-лучей.

С. И. Вавилов был знаком с дневниковыми записями Лебедева и первую научную работу выполнил в его лаборатории. Этот студенческий труд Вавилова трактовал вопрос кинетики термического выцветания красок, а достигнутый им скромный успех усилил его тягу к проблемам люминесценции. Но интерес к этой области физики окончательно сформировался у Вавилова лишь в физической лаборатории Института физики и биофизики.

Вначале Вавилов продолжил исследования частных вопросов, относящихся к кинетике фотохимических реак-

ций и к закономерностям абсорбции света. Затем в 1922 г. в печати появилась первая работа Вавилова, посвященная исследованию зависимости флуоресценции красителей от длины волны возбуждающего света⁵². Спустя два года он опубликовал работу, посвященную проблеме выхода флуоресценции красителей⁵³. Этот труд Вавилова положил начало обширным исследованиям проблемы выхода люминесценции. В дальнейшем эти проблемы оставались основным содержанием творчества ученого.

Впервые понятие «выход», аналогичное понятию коэффициента полезного действия, было введено Е. Варбургом в отношении к характеристике фотохимических процессов. С. И. Вавилов использовал его для характеристики люминесцентных процессов. В этой связи он писал: «Соответственно введенному Е. Варбургом понятию фотохимического выхода мы называем „выходом флуоресценции“ часть всего поглощенного излучения, которая превращается в энергию вторичного флуоресцентного процесса излучения. . .»⁵⁴

Оказалось, что эта характеристика явилась важнейшей в изучении физики люминесценции, величина ее указывает на степень эффективности преобразования света, точнее — трансформации световой энергии, протекающей в явлении взаимодействия света и вещества. В соответствии с развитием фотонной структуры света было введено понятие «квантовый выход», выражающее отношение числа люминесцентных (преобразованных) фотонов к числу поглощенных первичных фотонов.

В своих первых исследованиях С. И. Вавилов вскрыл ошибочность распространенного в то время мнения, что якобы выход люминесценции мал и ничтожная часть поглощенного света будто бы преобразуется в люминесцентный свет. Уже в первой упоминавшейся выше статье Вавилов показал, что выход люминесценции ярко флуоресцирующих веществ достигает 70%. В этой связи он поставил задачу выяснять различные факторы, влияющие на выход люминесценции. И вскоре добился зна-

⁵² *Phil. Mag.*, 1922, v. 43, p. 307—320; *Вавилов С. И. Собр. соч.*, т. 1, с. 105—117.

⁵³ *Zs. f. Phys.*, 1924, v. 22, p. 266—272; *Вавилов С. И. Собр. соч.*, т. 1, с. 151—156.

⁵⁴ *Вавилов С. И. Собр. соч.*, т. 1, с. 151.



Сергей Иванович Авилов

менательного успеха — установил ранее неизвестный закон природы — закон трансформации света, выраженный им зависимостью выхода от длины волны возбуждающего света. Этот закон Авилов выразил широкоизвестным теперь графиком. По мере увеличения длины волны возбуждающего света выход плавно растёт, затем в некотором интервале остается постоянным, а при дальнейшем увеличении длины волны быстро уменьшается.

Фундаментальность этого результата для теории люминесценции была подтверждена многими зарубежными авторами и стала общепризнанной, а установленный Авиловым закон люминесценции получил название *закона Авилова*.

В соответствии с введенным в теорию квантовым выходом плавно возрастающая часть кривой зависимости энергетического выхода от длины волны соответствует постоянству квантового выхода, вторая часть — медленному уменьшению этой характеристики, а спадающая часть — быстрому уменьшению квантового выхода. При этом оказалось, что эта последняя часть кривой отве-

чает антистоксовому правилу излучения (согласно правилу Стокса длина волны люминесценции всегда больше длины волны возбуждающего света).

Вавилов установил антистоксовое излучение, сыгравшее определенную роль в разработках специальных источников света.

При этом он сформулировал закон люминесценции, заменяющий правило Стокса: «При условии устранения предварительного или ступенчатого возбуждения фотолюминесценция может сохранять постоянный квантовый выход, если возбуждающая волна преобразуется в среднем в более длинную, чем она сама. Наоборот, выход люминесценции резко уменьшается при обратном превращении длинных волн в короткие».

Закон Вавилова указывает на возможность преобразования длинноволнового света в коротковолновый и наоборот.

Особое значение имел временной критерий оценки люминесцентных излучений, введенный С. И. Вавиловым в 1936 г. Он уточнил понимание содержания люминесценции, предложив считать люминесценцию избыточным надтемпературным излучением в том случае, если оно обладает длительностью не менее 10^{-10} с. Такое уточнение оправдалось последующим развитием учения об источниках излучения: оно позволило отделить все другие виды излучения от люминесцентного.

В частности, с помощью временного критерия оценки люминесцентного излучения Вавилов правильно определил вид открытого его учеником П. А. Черенковым свечения растворов ураниловых солей при облучении их гамма-лучами радия. Как потом было установлено, супруги Кюри наблюдали это свечение и считали его люминесценцией. На люминесценцию ураниловых солей при освещении их X-лучами обращал внимание и П. Н. Лебедев. Однако открытое Черенковым излучение оказалось не люминесцентного, а релятивистско-электронного происхождения. На такое понимание этого вида излучения указал С. И. Вавилов⁵⁵, а теоретическая разгадка И. Е. Тамма и И. М. Франка⁵⁶ подтвердила это. За это открытие П. А. Черенкову, И. Е. Тамму и И. М. Франку была присуждена Нобелевская премия.

⁵⁵ Докл. АН СССР, 1934, т. 2, с. 457.

⁵⁶ Там же, 1937, т. 14, с. 107.

Все достижения школы Вавилова были обобщены в его монографии⁵⁷, вышедшей в 1950 г.

Методы генерирования микроволновых электромагнитных полей. Основные вопросы, относящиеся к главным направлениям школы Лебедева, потребовали разработки новых методов генерирования электромагнитных полей различных частот, включая и те, которые перекрывали инфракрасный участок светового спектра. Лебедев немало уделил внимания усовершенствованию существовавшего в его время метода генерирования электромагнитных полей, причем его усилия были направлены на получение миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов электромагнитных полей, необходимых для исследования радиоспектроскопических свойств вещества в этих диапазонах.

Лебедев усовершенствовал метод Герца, причем были детально исследованы наиболее благоприятные условия излучения микрополей. Простое копирование метода Герца применительно к излучению миллиметрового диапазона радиополей не приводило к положительным результатам. Например, для вибратора Герца выполняется условие $\lambda/l=2$ (где λ — длина волны, l — длина вибратора), а в случае такого же вибратора, но малых размеров это соотношение, как установил Лебедев, не имеет места. Для вибраторов малых размеров $\lambda/l > 2$ и достигает значения 3 и больше. Оказалось, что нарушение условия Герца обуславливается характером и длиной искры: величина λ оказалась пропорциональной длине искры⁵⁸. При этом Лебедев обнаружил, что мощность излучения изменяется для таких диапазонов по закону

$$\frac{N_2}{N_1} \approx \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^3,$$

где N_1 и N_2 — мощности излучаемых полей, характеризующиеся соответственно λ_1 и λ_2 .

Лебедев установил также зависимость мощности излучения от способа возбуждения искры. Все эти особенности были учтены в новой конструкции искрового генератора радиополей сантиметрового и миллиметрового диапазонов, который по праву называется генератором Лебедева.

⁵⁷ Вавилов С. И. Микроструктура света. М., 1950.

⁵⁸ Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 135.

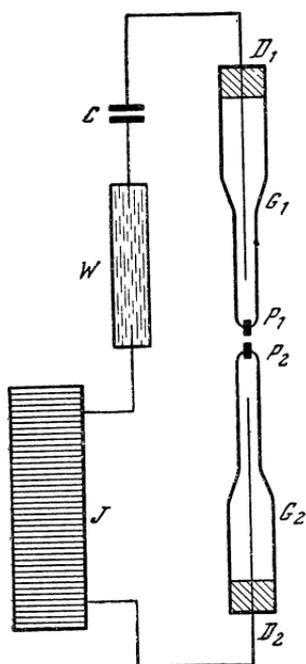


Рис. 41. Искровой генератор
П. Н. Лебедева

J — индуктор,
 W — водяное сопротивление,
 C — конденсатор,
 G_1, G_2 — стеклянные трубки
с впаянными платиновыми цилиндрами P_1, P_2

В генераторе Лебедева (рис. 41) первичные проводники P_1 и P_2 отделены от цепи индуктора таким образом, что процесс разряда не оказывает влияния на колебательные изменения в первичных проводниках. Такая конструкция вибратора обеспечивает условия для развития собственных колебаний в системе первичных проводников без существенного влияния колебаний в системе индуктора с параметрами его цепи. Заряды на первичные проводники подводятся искровыми порциями, которые перескакивают с проволок D_1 и D_2 на платиновые цилиндры.

Так как до сих пор теория колебательного процесса искрового разряда еще не завершена, то о физической сущности его можно говорить лишь с определенными ограничениями. В искровом методе генерирования имеет место типично электронно-ионный процесс. Излучение в таких процессах сопряжено с превращением кинетической энергии носителей зарядов в электромагнитную.

При искровом разряде образуется плазма, служащая каналом проводимости тока между электродами. С большой скоростью, близкой к скорости света, через этот канал пробегает импульс тока. По плотности плазма неоднородна, и, следовательно, пробегающий импульс тока будет испытывать на различных участках канала переменное торможение. В отличие от длинного искрового промежутка, в котором система образования стримеров сложна, в коротком промежутке проводящий канал (ярко светящаяся область искры) более стабилен по времени и месту. В таком канале импульс тока пробегает длину его при-

близительно за одинаковое время при каждом повторении. Именно этот факт обуславливает прямо пропорциональную зависимость длины волны от длины проводящего канала. В этом случае длина волны будет пропорциональна сумме удвоенной длины вибратора и длины искры, т. е.

$$\lambda \sim 2l + d,$$

где d — длина искры.

Такую зависимость Лебедев установил экспериментально в генераторе сантиметровых и миллиметровых радиополей и пользовался ею для настройки генератора в желаемом диапазоне излучения полей. Существенной характеристикой генератора является мощность излучения. В генераторе Лебедева мощность излучения зависела от длины волны своеобразно, что не позволяло понять причины, обуславливающей такую зависимость. Так, с уменьшением длины волны вдвое мощность излучения уменьшалась приблизительно в 10 раз.

Если учесть, что мощность зависит от величины пробегающего импульса тока и от частоты повторения импульса, то среднее ее значение может быть подсчитано по формуле

$$N = q \nu_{\text{повт}} U_{\text{имп}},$$

где q — величина заряда каждой порции подкачки вибратора; $U_{\text{имп}}$ — величина напряжения в импульсе; $\nu_{\text{повт}}$ — частота повторения импульсов.

Очевидно, что мощность излучения зависит от формы импульсов и от порядка их следования. Если импульсы будут накладываться друг на друга, то характер искры будет изменяться, что скажется на монохроматичности и мощности излучения. В генераторе Лебедева энергия подводилась к вибраторам прямоугольными импульсами, а частота этих импульсов достигала примерно 130 с^{-1} , тогда как частота разряда искры лежала в интервале 10^4 — 10^6 с^{-1} . Следовательно, наложения искр подкачки не было. Все эти условия оказались весьма существенными в методе Лебедева.

Нетрудно видеть, что в этом методе впервые использовалась квазиавтоколебательная система, являющаяся

существенным условием работы современных генераторов, сконструированных на электронных лампах.

В генераторе Лебедева существенную роль играет также среда, в которой образуется плазма. Лебедев использовал керосин, в котором плотность плазмы значительно больше плотности плазмы в воздухе. Плотность плазмы (проводящего искрового канала) влияла на форму и амплитуду пробегающих импульсов, что сказывалось на мощности излучения.

Попытки Лебедева уменьшить размеры вибраторов и длины искры встретили практически непреодолимые трудности. Ведь дальнейшее уменьшение размеров вибратора приводило к их быстрому сгоранию, а уменьшение длины искры вызывало значительное снижение мощности излучения.

Теперь известно, что Лебедев разрабатывал новый тип генератора, с помощью которого пытался получить радиополя субмиллиметрового диапазона и перекрыть инфракрасную область световых лучей. С 1893 по 1898 г. он испытал несколько вариантов нового типа генераторов для этих целей.

Убежденный в успехе, Лебедев официально дал обещание прислать в «*Ann. der Physik*» статью, посвященную новым разработкам методов генерирования субмиллиметрового диапазона радиополей. Но так как в процессе этих разработок встретились большие трудности, преодолеть которые он, занятый другими проблемами физики, еще не успел, то рассматриваемые им варианты остались неопубликованными⁵⁹.

В основе рассмотренных Лебедевым вариантов генерирования субмиллиметрового диапазона радиополей также лежал метод искры. Анализ теплового излучения и сравнение его с искровым привели Лебедева к заключению, что перекрыть участок спектра электромагнитной шкалы, лежащий между тепловыми лучами и радиополями, можно только методом искрового излучателя. В основу этого заключения был взят произведенный им следующий расчет (№ 90, с. 497—498).

⁵⁹ Впервые эти варианты были опубликованы в 1960 г. в «Вопросах истории естествознания и техники» (вып. 9, с. 102—110). Публикацию подготовил А. Р. Сердюков.

В 1897 г. Ф. Пашен опубликовал расчетную формулу интенсивности излучения абсолютно черного тела

$$\frac{I}{I_m} = \left\{ \frac{\lambda_m}{\lambda} e^{\frac{\lambda - \lambda_m}{\lambda}} \right\}^\alpha,$$

где I — интенсивность теплового излучения; λ_m — длина волны, которой соответствует наибольшая энергия теплового излучения I_m $\alpha = 5$ — постоянное число.

Беря отношение интенсивностей для λ_1 и λ_2 , получаем

$$\frac{I_1}{I_2} = \left\{ \frac{\lambda_2}{\lambda_1} e^{\left(\frac{\lambda_m}{\lambda_2} - \frac{\lambda_m}{\lambda_1} \right)} \right\}^5.$$

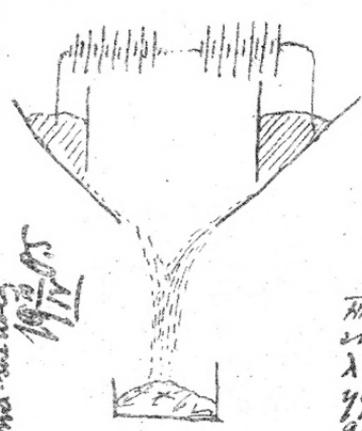
Если тело нагрето до высокой температуры, например до 1000°C , для которой $\lambda_m = 2\mu$, то для больших λ найдем по формуле

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)^5.$$

Из этого соотношения видно, что с увеличением длины волны вдвое интенсивность излучения уменьшается в 32 раза. Как показали экспериментальные исследования Лебедева, искровой метод излучения приводит к более выгодному соотношению между мощностью и длиной волны излучаемых радиополей. Но так как единичные вибраторы, излучающие радиополя, обладают недостаточной мощностью, то Лебедев предпринял попытки сгруппировать большое число единичных вибраторов одного типа и размера и добиться таким образом увеличения мощности. Так впервые возникла идея массового излучателя.

Первый вариант массового излучателя (рис. 42) Лебедев описал в дневнике (№ 90, с. 369—370): «Я все думал, как бы устроить групповые волны еще меньшей длины волны, чем у меня, для того чтобы подойти к явлению начала дисперсии... Я думал взять не один вибратор, а массу их: в двух воронках находятся их разномноженно наэлектризованные половинки, которые, сыпаясь вместе, дают повод к разрядам. Они сыпаются в фокусе одного зеркала, болометр находится в фокусе другого». Для еще большего увеличения числа разрядов можно увеличить скорость струи из металлических зерен. По мнению Лебедева, такой метод генерирования субмил-

С. Е. Nichols - Bulletin of 401. 1915
 no. 1111
 1915



Я все думаю как-то
 устройство Леддева
 будет еще меньше
 длины волн у меня
 для того, чтобы
 прийти к явлениям
 начала дисперсии.
 Немного при мен
 шем коэффициенте
 $\lambda = 0.01 \text{ мкм}$, — если бы
 удален с электрическим
 двойтом $\lambda = 0.1 \text{ мкм}$.

~~Тогда как при работе с металлами~~
 Там как энергия вибратора слабее
 с крупнее его механических параметров, но в
 наимен случае или шестим, — да $(\frac{1}{50})^3 =$
 $\frac{1}{125000}$ и если допустить один раз
 в секунду вылетом миллионная у меня
 два раза, то вылетом энергии
 на три четверти меньше в секунду
 одна миллионная доля.
 Я думаю будет не один вибратор, а
 их несколько, расположенных
 вокруг которого сгруппированы
 газом, чтобы к разрядкам, они всегда
 вылет в форме одного зеркала, а
 диаметр колеблющего в окружении другого.

Рис. 42. Схема массового излучателя П. Н. Лебедева, 1894 г.

лиметровых волн удобен, хотя «практических затрудне-
 ний будет масса». В дневнике отсутствуют сведения об
 экспериментальном исследовании этого варианта.

Второй вариант массового излучателя отличается от
 первого лишь тем, что вместо металлических зерен Ле-
 бедев брал однотипные капли ртути, получающиеся от
 разбивающейся струи (рис. 43). Большое преимущество

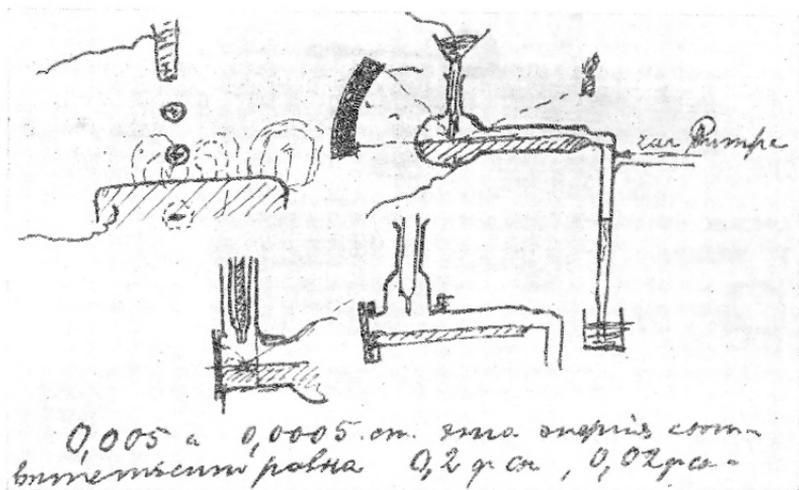


Рис. 43. Варианты капельного массового излучателя П. Н. Лебедева, 1894 г.

этого метода, по мнению Лебедева, состоит в том, что он позволит получить более однородное излучение. Экспериментальное опробование показало: размеры капель зависят от диаметра стеклянной трубки и от скорости истечения струи (№ 90, с. 501). Проведенные в 1922 г. по рекомендации В. К. Аркадьева работы А. А. Глаголевой-Аркадьевой⁶⁰ имели определенный успех. Почти одновременно М. А. Левитская, работавшая в Ташкенте под руководством Н. Н. Златовратского, также достигла успеха несколько отличным групповым методом⁶¹.

Усовершенствованный массовый излучатель Глаголевой-Аркадьевой генерировал электромагнитные поля от 50 мм до 82 мк. Как известно, в этом диапазоне длин волн проявляются инфракрасные лучи. Таким образом, ранее незаполненный участок электромагнитной шкалы, наконец, перестал быть для физиков тайной. Это одно из замечательных наследий школы Лебедева.

Лебедевские традиции проявились и при решении вопросов, относящихся к другим методам генерирования

⁶⁰ Тр. III съезда РАФ, 1923, с. 34—40.

⁶¹ Phys. Zs., 1924, Bd. 25, S. 107.

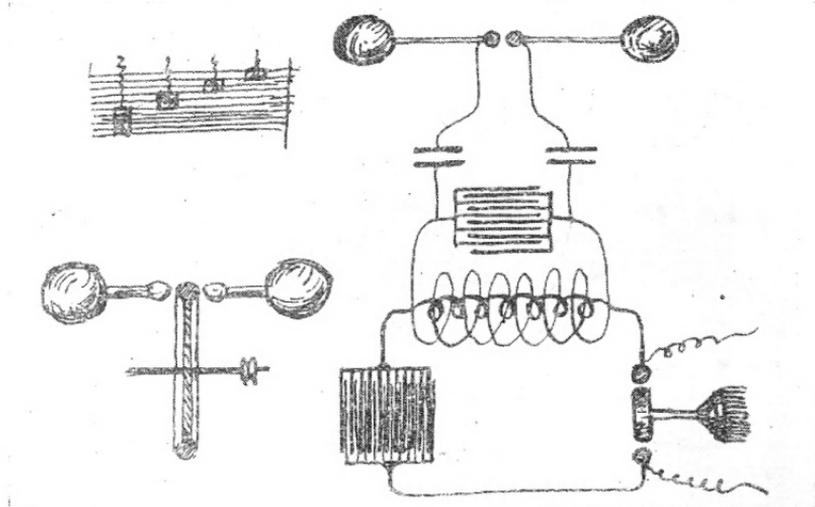


Рис. 44. Проекты П. Н. Лебедева «ротаксов» для возбуждения генераторов электрическими импульсами прямоугольной формы

электромагнитных полей. Свое слово здесь сказали ученики Лебедева (советские физики Н. А. Капцов, В. И. Романов и В. К. Аркадьев).

Примечательно, что зародившаяся у П. Н. Лебедева идея массового излучателя была воплощена его последователями в созданных ими конструкциях. Прерыватель Лебедева, называемый ротаксом (рис. 44), оказался плодотворным в массовых излучателях.

Проблемы молекулярной физики. Исследования этих проблем в школе Лебедева начались с установления влияния молекулярного состояния разреженного газа на величину радиометрических и конвекционных сил и связи явления скачка температуры на границе «твердое тело — газ» с чувствительностью термоэлемента.

Еще в 1875 г. А. Кундт и Э. Варбург наблюдали уменьшение охлаждения тел в разреженном газе. Как указывал Лебедев⁶², это явление может объяснить обнаруженное им в 1895 г. увеличение чувствительности термоэлемента в пустоте. В те времена явление уменьшения

⁶² Лебедев П. Н. Собр. соч., с. 235.

охлаждения тел с увеличением разреженности газа, в котором они помещались, находилось в противоречии с экспериментальным и теоретическим доказательствами независимости теплопроводности газа от его давления (плотности). Это противоречие могло быть разрешено дополнительным и специальным исследованием, которое впоследствии осуществили ученики Лебедева.

В конце XIX в. М. Смолуховский и другие исследователи экспериментально и теоретически показали, что с увеличением разреженности газов теплопередача уменьшается. Следовательно, около нагретого тела температура газа должна быстро падать, т. е. на границе «твердое тело—газ» должен быть температурный скачок⁶³.

В 1906 г. Лебедев поручил вначале П. П. Лазареву, а затем А. К. Тимирязеву экспериментально исследовать явление температурного скачка и установить связь между изменением теплопроводности газа, его внутренним трением, скольжением и температурным скачком.

Осуществленная Лазаревым⁶⁴ серия экспериментов с водородом, воздухом и углекислым газом увенчалась успехом: лучший проводник тепла — водород оказался лучшим изолятором тепла в разреженном состоянии. У стенок сосуда действительно наблюдался температурный скачок на расстоянии одного свободного пробега молекул газа.

Эти молекулярные эффекты, установленные Лазаревым, явились весомым вкладом в учение о свойствах разреженных газов, используемых как в решениях практических задач (течение газов в трубках и капиллярах, расчет теплового состояния внешних стенок космических кораблей и др.), так и в теоретических расчетах (усовершенствование Т. Карманом и М. Борном) теории соударения молекул и твердых тел.

Экспериментальные исследования А. К. Тимирязева⁶⁵ также увенчались успехом. Им были установлены еще два ранее неизвестных молекулярных эффекта: эффект независимости коэффициента внутреннего трения от давления

⁶³ Wied. Ann., 1898, v. 64, p. 101.

⁶⁴ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 363—391.

⁶⁵ Тимирязев А. К. О внутреннем трении в разреженных газах и о связи скольжения с явлением температурного скачка. — Временник. М., 1914.

разреженного газа, если длина свободного пробега много меньше размера сосуда, и эффект взаимной связи температурного скачка, скольжения и внутреннего трения.

С этих успехов началось дальнейшее развитие исследований проблем молекулярной физики в трудах школы Лебедева.

Очередную задачу в этой области Лебедев и его помощник поставили перед Б. В. Ильиным. Этому начинающему физики было поручено экспериментально исследовать известную в то время теорию Смолуховского (1906), относящуюся к движениям броуновских частиц в эмульсиях. Успех Ильина определил его дальнейшие научные интересы.

Быстро растущие запросы строительной и машиностроительной техники поставили перед советскими физиками задачи по изысканию научно обоснованных путей повышения прочности и других физико-механических свойств строительных материалов. За решение этих задач взялись П. П. Лазарев и Б. В. Ильин.

Обобщая полученные данные о твердости и упругости различных по химическому составу тел, Лазарев обратил внимание на связь их механических свойств с атомной концентрацией⁶⁶. Исследования растворимости ряда твердых тел привели к установлению следующей закономерности: сила, действующая на молекулы растворяющегося тела, есть линейная функция твердости этого тела⁶⁷. В то же время Лазарев пришел к выводу, что твердость тела понижается под влиянием молекулярного взаимодействия этого тела и окружающей среды, например жидкости. В дальнейшем влияние адсорбции молекул внешней среды на твердость тел изучил и широко применил П. А. Ребиндер. Эти работы привели к крупнейшим прикладным результатам — значительному облегчению механической обработки твердых тел под влиянием поверхностно-активных жидких сред.

Б. В. Ильин сосредоточил свои усилия на решении задач, относящихся к физике адсорбционных явлений. В основу их решения легли воззрения Лебедева на природу молекулярных сил взаимодействия. В адсорбционных явлениях определяющую роль играют силы взаимодействия

⁶⁶ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 467—469.

⁶⁷ Там же, с. 477.

адсорбента с адсорбируемым веществом (адсорбатом). Ильин попытался выяснить конкретные пути вычисления величин этих сил. Результаты своих исследований он обобщил в двух монографиях, посвященных физике дисперсных тел⁶⁸ и природе адсорбционных сил⁶⁹.

Наиболее близкие к идеям П. Н. Лебедева о молекулярных силах исследования этих сил проведены в лаборатории ученика Лазарева Б. В. Дерягина. Вместе с Ф. Б. Лейб и И. И. Абрикосовой он впервые корректно измерил молекулярное притяжение диэлектриков в зависимости от расстояния. В дальнейшем Дерягин совместно с Я. И. Рабиновичем и Н. В. Чураевым впервые измерили величину молекулярного притяжения между металлами в зависимости от ширины зазора. Как уже говорилось, эти измерения, интерпретированные на основе теории Е. М. Лифшица, окончательно подтвердили электромагнитную природу молекулярных сил, на которую указывал еще в 1899 г. П. Н. Лебедев.

Биофизика и геофизика. В России эти области науки получили развитие благодаря научным трудам и организационной деятельности П. П. Лазарева. Его по праву считают родоначальником отечественной биофизики. Лазарев явился и выдающимся организатором систематических геофизических исследований в нашей стране.

В свое время Лебедев приветствовал инициативу Лазарева в проведении работ по биофизике и всячески способствовал их дальнейшему развитию. До Лазарева исследование биофизических закономерностей носило эпизодический характер, а достигнутые успехи являлись лишь предысторией биофизики как самостоятельной области науки⁷⁰.

Попытки решения биофизических задач предпринимались И. Ньютоном, Л. Эйлером, М. Ломоносовым, Е. Парротом, Г. Гельмгольцем, И. Мюллером, Е. Дюбуа-Реймоном, И. Сеченовым, В. Чаговцем и др. Уровень развития физики начала XX в. позволил подойти к более совершенному решению биофизических проблем. Таким решением и стала лазаревская теория ионного возбуждения живой ткани.

⁶⁸ Ильин Б. В. Физика дисперсных тел. М., 1936.

⁶⁹ Ильин Б. В. Природа адсорбционных сил. М., 1952.

⁷⁰ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 14—28, 189—202.

Как показывали ранние исследования, кардинальной проблемой биофизики являлось выяснение физико-химических законов, обуславливающих основные жизненные биологические процессы, к числу которых относятся прежде всего биологические возбудимости клеток и их распространение по всему живому организму. По своей сути эта проблема тесно связана с возникновением живых элементарных объектов и всего живого организма. Поэтому справедливо считать, что с научно обоснованного пути ее решения начинается подлинное развитие биофизики как самостоятельной области науки.

Созданная в 1910 г. Лазаревым теория ионного возбуждения тканей⁷¹ являлась первой, наиболее совершенной по тому времени научной базой развития биофизики как целостного раздела человеческих знаний. До этой теории были известны идея В. Ю. Чаговца (1896) о роли ионов в процессе физиологического возбуждения, теория В. Нернста, устанавливающая связь между гальваническим током и физиологическим раздражением, сопровождающимся мускульными эффектами, а также закон И. Леба, отражающий связь между изменением соотношений концентраций ионов и характером возбуждения (угнетения и гашения угнетения).

Сначала Лазарев поставил задачу — обосновать с точки зрения законов физики и математики связь между электрической теорией Нернста и законом Леба. В своей теоретической работе он писал: «Всякая живая ткань состоит из белковой стромы и пропитывающего ее раствора солей, которые, находясь в весьма разжиженном состоянии, разделены на ионы. Как ионы, так и частицы белков несут на себе электрические заряды и могут под влиянием электрического тока перемещаться; однако движение белковых частиц значительно медленнее при прочих равных условиях, чем движение металлических ионов. Поэтому под влиянием кратковременных постоянных токов или достаточно частых переменных токов у полупроницаемых перегородок образуется скопление ионов солей. Только здесь и могут произойти материальные изменения в возбудимой ткани, и поэтому в этом месте нужно искать изменения, вызываемые ионами. Большинство ионов, действуя на белковые растворы, могут вызывать из-

⁷¹ ЖРФХО, 1910, т. 42, вып. 7.

менение состояния белка. Это изменение под влиянием ионов носит, по-видимому, различный характер, смотря по количеству прибавленной соли»⁷². Такова была общая физико-биологическая предпосылка теории Лазарева.

В последующем Лазарев, обобщив исследования частных вопросов разных авторов, вывел количественный закон биофизики, выражающий условия возбуждения мышечных и нервных клеток:

$$\frac{C_1}{C_2 + b} = \text{const},$$

где C_1 — концентрация одновалентных ионов; C_2 — концентрация двухвалентных ионов; b — величина, зависящая от поверхностного натяжения коллоидного раствора по отношению к окружающей однородной жидкости.

Анализ известных фактов позволил Лазареву заключить, что найденный им закон можно считать основным законом ионного возбуждения⁷³.

Не будем подробно излагать историю биофизики и ограничимся лишь фактами, которые непосредственно относятся к научному наследию школы Лебедева.

Обширная группа экспериментальных исследований Лазарева и его учеников была осуществлена на базе упомянутого выше закона ионного возбуждения. Раньше всего было исследовано возбуждение нервов и мышц электрическим током разной частоты. Оказалось, что для низких частот справедлив закон Гернста, связывающий амплитуду переменного тока с числом периодов в секунду и выражающийся количественно в виде:

$$\frac{a}{\sqrt{N}} = \text{const},$$

где a — амплитуда переменного тока; N — частота переменного тока.

Для случая, когда переменный ток характеризуется большими частотами, имеет место закон Лазарева⁷⁴, количественно выражающийся как

$$\frac{a}{N} = \text{const}.$$

⁷² Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 29.

⁷³ Там же, с. 38.

⁷⁴ Там же, с. 166.

Ученики Лазарева С. Н. Ржевкин и П. П. Павлов⁷⁵ экспериментально подтвердили эти два биофизических закона. Сам же Лазарев, исходя из общей теории ионного возбуждения, объяснил механизм возбуждения в каждом из этих случаев. «Если колебания тока редки, — указывал он, — то уравнение Нернста не должно удовлетворяться, так как на концентрацию у одной полупроницаемой перегородки могут влиять изменения концентрации у другой, и только при достаточном числе периодов тока в секунду уравнение Нернста строго удовлетворяется... При весьма частых переменах направления тока возможно ожидать также отклонений от теории ввиду того, что весьма частые электрические колебания могут вызывать химические процессы, и, следовательно, действие часто переменных токов на ткани может быть сравнено с действием света»⁷⁶.

В соответствии с общей теорией ионного возбуждения была проведена обширная серия экспериментов по исследованию влияния механических, тепловых и химических воздействий на нервы и мышцы. Они подтвердили справедливость теории Лазарева. Одновременно были проведены исследования природы слуха, вкуса и обоняния. Обобщая эти работы, Лазарев писал: «С теоретической точки зрения явления возбуждения во всех органах чувств представляются совокупностью трех процессов. Один из процессов, происходящий под влиянием раздражителей, вызывает разложение особых веществ (зрительного пурпура, гипотетических слуховых и т. д. веществ), вызывающих в свою очередь, благодаря ионам, получающимся при реакции, раздражение концевых окончаний чувствительных нервов. Наряду с первым процессом разложения имеется всегда второй, уводящий продукты реакции из мест их образования и служащий для приведения системы в невозбужденное состояние. Эти процессы протекают достаточно быстро, и после прекращения действия возбудителей органы чувств через весьма короткое время приходят в невозбужденное состояние, которое, однако, не идентично с первоначальным состоянием; вследствие уменьшения концентрации чувствительного к внешним раздра-

⁷⁵ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 45—50; Очерки истории русской науки, с. 89.

⁷⁶ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 44.

жениям вещества получается уменьшение чувствительности к раздражениям, которая лишь постепенно возвращается к норме благодаря новообразованию чувствительного вещества в клетках. Этот третий процесс регенерации чувствительного вещества можно назвать адаптацией к покою»⁷⁷.

Особое внимание Лазарев уделил проблеме зрительного возбуждения, создав теорию периферического зрения. Ее разработке во многом способствовали исследования проблемы фотохимии. Именно установленный Лазаревым закон фотохимии послужил базой теории периферического зрения.

Определенный вклад Лазарев внес и в теорию центрального зрения, в частности в разгадку механизма зрительного возбуждения. Ученый доказал, что механизмы возбуждения центрального и периферического зрения имеют одинаковый характер, правда, в случае центрального зрения участвует не один светочувствительный пигмент, а три. В этой связи Лазарев установил и количественно описал интересный биофизический эффект. Оказалось, что в процессе центрального зрения на действие света накладывается и тепловое действие. В результате два рядом расположенных источника света могут одинаково восприниматься разными областями сетчатки глаза, к тому же обладающими неодинаковой чувствительностью. Этот эффект Лазарев применил для объяснения парадокса в наблюдениях яркостей двойных звезд. Воспринимаемая глазом яркость двойных звезд зависит от их взаимного расположения, и нередко свет от таких объектов, попадая на разные участки сетчатки глаз, вызывает их одинаковое возбуждение⁷⁸.

Лазарев также указал на то, что градации ощущений яркости света могут быть объяснены на основе квантовой природы света. Эта теория потребовала исследования зрительного восприятия переменного освещения. С. И. Вавилов предпринял такое исследование и установил порог зрительного восприятия, который определяется 2—8 фотонами, попадающими в сетчатку глаза. В дальнейшем он разработал визуальный метод наблюдения квантовых флуктуаций светового поля⁷⁹.

⁷⁷ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 141.

⁷⁸ Там же, с. 118.

⁷⁹ Вавилов С. И. Собр. соч., т. 2, с. 87—115.

Лазарев с успехом применил законы термодинамики для анализа кинетики жизненных явлений (обмен веществ, построение калорийной теории питания, влияние витаминов, гормонов, механизм деления клеток, искусственное оплодотворение, партиногенез и т. п.). С помощью известных в физике законов взаимодействия электромагнитных полей разной частоты с молекулами он раскрыл механизм различных биологических возбуждений (теория распространения нервного возбуждения, закон «все или ничего», явление адаптации и его законы, митогенетическое излучение, действие лекарств, старение и борьба со старостью и т. д.). Впоследствии на основе законов механики и гидромеханики В. В. Шулейкин объяснил способность животных передвигаться и механику движения их органов.

Лазареву принадлежит заслуга и в определении предмета биофизики. «Предметом биофизики, — писал он, — является изучение физических и физико-химических явлений, протекающих в тканях и органах тела человека, животных и растений, и построение количественных физико-математических теорий в тех областях учения о жизни, где возможно сведение явлений на чисто физические причины»⁸⁰. Обобщая успехи биофизики, Лазарев так сформулировал ее общую методологическую концепцию:

«1. В мире живых существ не наблюдается никаких таких сил, которые не могли бы наблюдаться вне живого организма.

2. Одинаковые материальные процессы в органах, получающих раздражение, вызывают, при прочих равных условиях, одинаковые явления возбуждения или одинаковые ощущения»⁸¹.

Таким образом, П. П. Лазарев, восприняв лучшие традиции школы Лебедева, блестяще развил новую область науки, биофизику, а организованный им Институт физики и биофизики стал первым в мире научным биофизическим центром. Лазарева по праву можно назвать родоначальником не только отечественной, но и мировой биофизики.

Как известно, уже в первый год существования молодой Советской республики В. И. Ленин поставил перед

⁸⁰ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 2, с. 229.

⁸¹ Там же.

учеными страны задачу: приблизить научные исследования к нуждам развития нового общества. К числу важнейших научных проблем он отнес изучение Курской магнитной аномалии (КМА).

Этот феномен природы известен давно. Впервые изучение КМА было осуществлено еще в 1872—1877 гг. Ее происхождение связывали с идеей существования сильных локальных электрических токов в данном районе. Однако предположение о наличии там залежей железной руды не встретило признания в кругах правительственных чиновников.

В. И. Ленин обратился к отечественным ученым с просьбой высказать свое мнение о перспективности научных исследований КМА. Вскоре он получил ответ П. П. Лазарева: происхождение аномалии тесно связано с наличием в этом районе огромных запасов железной руды⁸².

28 сентября 1918 г. состоялось первое заседание Подготовительной комиссии, возглавленной П. П. Лазаревым. Был утвержден проект плана работ по КМА на 1919 г. Вскоре начались организационные мероприятия по исследованию месторождения. Первые работы, проводившиеся вблизи фронтов гражданской войны, увенчались обнадеживающими результатами. 24 августа 1920 г. В. И. Ленин подписал Постановление Совета Труда и Оборона, в котором подчеркивалась государственная важность начатых исследований КМА.

В этой связи отечественные физики должны были разработать методы точной магнитной съемки районов магнитной аномалии, а также методы гравиметрии и сейсмометрии, практически применив последние в районах КМА; кроме того, намечались исследования магнитных свойств пород, взятых из разных районов КМА.

Лазарев провел теоретическую разработку этих задач⁸³, а их практическим выполнением занялись сотрудники Института физики и биофизики. Исследованием магнетизма пород руководил ученик Лебедева Н. К. Щодро. В частности, с помощью созданных им приборов удалось детально исследовать магнитные свойства пород, взятых из разных районов КМА.

⁸² Лазарев П. П. Собр. соч., т. 3, с. 53.

⁸³ Там же.

22 апреля 1922 г. институт посетил В. И. Ленин. Ознакомившись с его деятельностью, Владимир Ильич просил Лазарева докладывать ему в коротеньких записках о ходе работ по исследованию КМА.

Может возникнуть вопрос: почему П. П. Лазарев, интересы которого были далеки от геофизики, взялся за решение геофизических проблем? Как известно, он был избран в Российскую Академию наук в январе 1917 г. на место умершего незадолго до этого Б. Б. Голицына. Последний в свое время руководил физической лабораторией и разрабатывал проблемы сейсмологии. Поэтому, оставаясь директором Института физики и биофизики, Лазарев стал формально курировать работы в академической физической лаборатории. Такое положение обязывало его возглавить выполнение поставленной перед ним как академиком задачи по изучению КМА. И Лазарев в короткий срок организовал широкие исследования этого уникального геофизического явления и дал теоретическое решение ряда важнейших проблем геофизики.

Теоретический анализ данных позволил Лазареву достаточно аргументированно доказать происхождение КМА и научно обосновать необходимость более подробного изучения районов Курска и Белгорода для выяснения качества и количества залежей железной руды. Важным вкладом Лазарева в геофизику явились и разработанные им методы геомагнитной гравитационной и сейсмической съемки, получившие всеобщее признание и применение во всем мире⁸⁴.

Результаты физических исследований КМА послужили толчком к постановке и решению ряда теоретических проблем геофизики. В связи с возникшей дискуссией о происхождении КМА Лазарев дал широкий анализ этой проблемы, указав пути понимания происхождения магнитных аномалий, обязанных залежам ферромагнитных металлов и внутриземным токам. По мнению Лазарева, геомагнетизм не может быть объяснен лишь наличием залежей определенных пород или внутриземными токами. Магнетизм пород, например, может изменяться в силу химических или других, им подобных реакций, протекающих внутри земной коры⁸⁵. При этом Лазарев указал, что

⁸⁴ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 3, с. 113.

⁸⁵ Там же, с. 167.

магнетизм пород КМА был вызван более сильным магнитным полем прошлого.

Лазарев обратил особое внимание на проблему, которой увлекался еще его учитель. Ученый проанализировал гипотезу Гаалка, согласно которой магнетизм Земли происходит от электронных токов. Эта гипотеза обосновывается тем, что высокой температуры и давления внутри Земли достаточно для образования раздельно существующих атомных ядер и электронов (плазма). При этом ядро Земли состоит из плотных ядерных образований, окруженных электронной материей. Фильтрация последней как раз и соответствует земному магнетизму. Хотя расчеты удовлетворительно совпадают с таким предположением, однако, как указывал Лазарев, «без экспериментальной проверки гипотеза Гаалка принята быть не может»⁸⁶.

К другой группе геофизических проблем, затронутых Лазаревым или его учениками, относятся закономерности океанских течений. Лазарев разработал метод их изучения — «метод моделирования». Плодотворность нового метода экспериментально доказал В. В. Шулейкин ставший одним из ведущих специалистов по физике моря. На основе научного наследия П. П. Лазарева в нашей стране работают такие научные центры, как Институт теоретической геофизики, Институт физики Земли и Институт физики моря АН СССР.

История физики. Главная задача истории любой науки, в частности физики, — изучить наследие прошлого для лучшего понимания настоящего и более надежного прогнозирования будущего. Эта задача составляет предмет истории физики как нового направления этой области науки, возникшего лишь в середине XX в. в связи с потребностями в историко-научных обобщениях.

Если внимательно присмотреться к истокам возникновения этого направления в отечественной физике, то можно отметить, что они лежат главным образом в работах учеников П. Н. Лебедева. Именно они не только внесли значительный вклад в зарождение в стране этой отрасли физики, но и создали необходимые условия для систематических и целенаправленных историко-научных исследований.

⁸⁶ Лазарев П. П. Собр. соч., т. 3, с. 173.

Лебедев всегда обращался к наследию прошлого и, анализируя его, выявлял назревшие проблемы науки и выбирал наиболее оптимальные пути их решения. Эта практика отчетливо проявляется во всех главных трудах самого Лебедева, правильно оценившего влияние историко-научных исследований на начинающих ученых.

Унаследовав это качество творчества своего учителя, Лазарев, Вавилов, Тимирязев, Аркадьев, Кравец и другие сами создали многочисленные труды по истории физики. Они же стали первыми руководителями историко-научных исследований по физике в нашей стране, воспитав первую группу советских ученых — историков физики.

Как и его учитель, Лазарев считал необходимым опираться на наследие прошлого для обоснованного выбора назревших проблем науки. Он выступил и как историк науки в ряде работ. Его большой труд «Очерки истории русской науки» широко известен ученым многих стран.

Наиболее ярко охарактеризованы основные задачи истории физики в трудах С. И. Вавилова. Указывая на воспитательную роль истории физики, он писал: «Давно пришла пора отдать должное и по достоинству оценить многие великие открытия и с научными аргументами в руках доказать и показать всему передовому человечеству роль науки нашей страны в создании мировой науки... Неприемлимая и явно вредная недооценка достижений отечественной науки, намеренно культивировавшаяся в дореволюционной России, должна быть навсегда искоренена... Перед нами стоит важная задача произвести тщательную переоценку прежних итогов нашей науки»⁸⁷.

При этом Вавилов обращал особое внимание на назревшую переоценку и совершенствование фундаментальных понятий физики, без чего, по его мнению, возрастет трудность интерпретации новейших достижений физики и тем самым задерживается общий прогресс науки. К такому анализу Вавилов в первую очередь относил понятия материи, движения, пространства, времени, энергии, инерции и др. «Такого анализа до сих пор нет, — подчеркивал С. И. Вавилов, — и каждому читающему курс физики приходится в этой области „открывать Америки“, иногда очень сомнительные и попросту ошибочные»⁸⁸.

⁸⁷ Вавилов С. И. Собр. соч., т. 3, с. 795—796.

⁸⁸ Там же, с. 796.

С. И. Вавилов лично перевел с латинского языка на русский «Лекции по оптике» Ньютона⁸⁹. Одновременно он критически проанализировал наследие Ньютона и на этой основе сделал интересные обобщения.

Благодаря усилиям учеников Лебедева в нашей стране были подготовлены специалисты—историки физики. Советская литература обогатилась и специальными курсами по истории этой области науки. В их числе — трехтомная «История физики» П. С. Кудрявцева и двухтомник аналогичных курсов по истории физики Б. И. Спасского, двухтомник «Люди русской науки», изданный под руководством С. И. Вавилова, и «Очерки по истории физики в России», вышедшие в свет под редакцией А. К. Тимирязева. В дальнейшем советские историки науки создали ряд оригинальных историко-научных монографий и биографий выдающихся ученых прошлого, а также статей и книг по обобщающим методологическим проблемам физики. И не будет преувеличением сказать, что начинания П. Н. Лебедева и его учеников в области истории физики с успехом развили их воспитанники и последователи.

⁸⁹ Там же, с. 701.

Послесловие

Если попытаться подвести итоги изложенных в книге многочисленных сведений о жизни и деятельности П. Н. Лебедева, а также анализа его научного наследия, то таковые можно свести к следующим обобщениям.

Формирование психологии научного творчества протекало у Лебедева в особых социальных условиях — в условиях ускоренного развития в России машинного производства и связанного с этим производством массового увлечения техникой и естествознанием в среде молодежи того времени.

Увлечение юного Лебедева электротехникой натолкнулось на ряд существовавших тогда несовершенных представлений в физике. Одно из них (униполярная индукция) явилось причиной его разочарования в профессии инженера. Юноша принимает решение стать ученым в области физики.

Психология научного творчества будущего ученого развивалась в процессе выбора им главного направления — тех проблем физики, интерес к которым зародился у Лебедева в пору обучения в МТУ и окончательно укрепился, когда он был уже студентом Страсбургского и Берлинского университетов. Основными среди них стали проблемы изучения единства природы механизма взаимодействия материальных образований вообще и микрообразований типа молекул и атомов в особенности и выяснения происхождения электрических и магнитных свойств материи.

Успешному решению первой проблемы способствовали личная одаренность ученого и его передовые философские воззрения. Осуществленные им экспериментальные и

теоретические доказательства роли волнового механизма взаимодействия любой физической природы вибраторов и резонаторов, как показывает исторический анализ решения этой проблемы, стали поворотной вехой учения о физическом взаимодействии всяких материальных образований. Эксперименты по световому давлению были нужны Лебедеву для выяснения роли взаимного лучеиспускания молекулярных (атомных) вибраторов в их взаимодействии. Однако его успешные опыты со световым давлением на твердые тела и газы стали основой дальнейшего развития учения о свете как виде материи и развития астрофизики.

Если Лебедев долгое время признавался одним из лидеров экспериментальной физики в связи с изумительными опытами по световому давлению, то только сейчас становится понятным величие его заслуг и в решении глобальной проблемы физики — физики взаимодействия материальных образований типа молекул и атомов. Ученый мир узнает и о неопубликованных трудах ученого, которые обогащают историю открытия дифракции рентгеновских лучей и законов радиоактивности, а также историю реактивной техники, приборостроения и многое другое.

Особое место занимают труды ученого в области астрофизики. Если прежде астрофизики часто упоминали имя П. Н. Лебедева в связи с ролью светового давления в построении теорий комет, равновесия звездной материи и в решениях принципиальных вопросов физики галактик, то после опубликования его трудов, посвященных физике Солнца, история этой области астрофизики пополнилась новыми фактами.

Характеристика личности П. Н. Лебедева пополнилась впервые освещенными в этой книге фактами, раскрывающими гармоничное сочетание высокого творческого потенциала ученого с его философскими воззрениями, с общественно-политической деятельностью, с передовыми педагогическими взглядами и высокими моральными и этическими чертами его личности.

Передовые общественно-политические, моральные и этические воззрения Лебедева укрепили в нем чувство личной ответственности за судьбу отечественной науки и сознания ее особой роли в социальном развитии России. В тяжелых условиях российской действительности уче-

ный создает первую большую научную школу физиков, из которой вышли талантливые исследователи. Восприняв передовые традиции этой школы, ученики Лебедева сами возглавили крупные научные школы и вместе со своими воспитанниками преумножили наследие отечественной и мировой науки.

Не будет преувеличением, если скажем, что научно-педагогическое наследие П. Н. Лебедева, относящееся к методам организации научной школы и педагогическим принципам руководства научными работами своих учеников и практикантов, может и должно занять основополагающее место в дальнейшем развитии методов подготовки научных работников через аспирантуру.

Почитание П. Н. Лебедева приняло традиционный характер как в среде отечественной, так и зарубежной научной общественности: в Советском Союзе стало правилом отмечать памятные и юбилейные даты, посвященные жизнедеятельности великого отечественного ученого и его научному наследию. Имя П. Н. Лебедева увековечено двумя мраморными памятниками, поставленными у фасадов крупнейших в стране физических центров — Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР и Физического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

Как свидетельствует библиографический справочник, посвященный наследию П. Н. Лебедева (1950), за первую половину текущего столетия было сделано более 200 ссылок на труды русского физика, опубликовано более 100 статей и брошюр, посвященных ученому и его наследию. В нашей стране трижды издавались собрания сочинений П. Н. Лебедева (1913, 1949, 1963). Если до 50-х годов XX в. почитатели Лебедева отмечали его экспериментальные исследования по световому давлению, то в дальнейшем стало отмечаться и величие труда ученого, посвященного природе молекулярных сил взаимодействия.

Можно надеяться, что настоящая книга послужит дальнейшему укреплению научных и культурных связей между народами мира на благо мирного созидания ученых нашей планеты.

Основные труды, опубликованные ученым

- Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссотти—Клаузиуса. — *Ann. d. Phys. u. Chem. Leipzig, neue Folge*, 1891, Bd. 44, ss. 288—310.
- Об отталкивающей силе лучейиспускающих тел. — *Тр. Отд. физ. наук ОЛЕАЭ, М.*, 1891, т. 4, вып. 2.
- О движении звезд по спектроскопическим исследованиям. *Тр. Отд. физ. наук ОЛЕАЭ, М.*, 1892, т. 5, вып. 1.
- О механическом действии волн на неподвижные резонаторы. Ч. 1. Электромагнитные волны. — *Ann. d. Phys.*, 1894, Bd. 52.
- О двойном преломлении лучей электрической силы. — *Ann. d. Phys.*, 1895, Bd. 56.
- О механическом действии волн на неподвижные резонаторы. Ч. 2. Гидродинамические осциллирующие резонаторы. — *Ann. d. Phys.*, 1896, Bd. 59.
- Об открытых Рентгеном лучах. — *Русская мысль, М.*, 1896, май.
- О механическом действии волн на неподвижные резонаторы. Ч. 3. Акустические полые резонаторы. — *Ann. d. Phys.*, 1897, Bd. 62.
- Опытная физика. Электричество, магнетизм, теплота. М., 1898.
- Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы. М., 1899.
- Предварительные результаты по исследованию светового давления. — *Archives des sciences phys. et natur.*, Geneve, 1899, t. 8.
- Опытное исследование светового давления. Максвелло—Бартолиевские силы давления лучистой энергии. — В кн.: *Rapports presents au Congrès international de physique. Paris, 1900, T. 2.*
- Опытное исследование светового давления. — *Ann. d. Phys.*, 1901, Bd. 6.
- Шкала электромагнитных волн в эфире. — *Физ. обозрение, Варшава, 1901, т. 2, № 2.*
- Термоэлементы в пустоте, как прибор для измерения лучистой энергии. — *Ann. d. Phys.*, 1902, Bd. 9.

¹ Полный список опубликованных трудов ученого приведен в кн.: Петр Николаевич Лебедев. Библиографический указатель. Под ред. К. И. Шафрановской. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950, 1—185 с. Сост.: А. М. Лукомская.

- Физические причины, обуславливающие отступления от гравитационного закона Ньютона.— *Vierteljahresschr. d. Astronom. Ges.*, 1902, Jg. 37.
- Об одном видоизменении опыта Роуланда—Гильберта.— *Ann. d. Phys.*, 1903, Bd. 11.
- Кажущаяся дисперсия в межпланетном пространстве.— *Comptes rendus des seances de J. Acad. des sciences, Paris*, 1908, t. 166, 167.
- О давлении света на газы.— *ЖРФХО*, 1908, т. 40, ч. физ., вып. 1; то же.— *Ann. d. Phys.*, 1910, Bd. 32.
- Предельная величина коротких акустических волн.— *ЖРФХО*, 1911, т. 13, ч. физ., вып. 3.
- Магнитометрические исследования вращающихся тел.— *ЖРФХО*, 1911, т. 9, 13, ч. физ., вып. 9; то же.— *Ann. d. Phys.*, 1912, Bd. 39.
- Успехи физических наук в 1911 году.— *Русские ведомости*, М., 1912, 1 января.

Неосновные труды

Абсолютная величина давления солнечного света на земную атмосферу (Возражение Г. В. Вульфю), *ЖРФХО*, 1910, т. 42, ч. физ., вып. 7, с. 349.

Август Кундт. Некролог, Труды Отд. физ. наук ОЛЕАЭ, М., 1894, вып. 1, с. 35—45, Собр. соч., 1963, с. 49.

Давление света. (Статья П. Н. Лебедева, начатая в 1911 г. и незаконченная), Собр. соч., 1963, с. 368.

Жар вольтовой дуги. Собр. соч., 1963, с. 167.

Спектрограф для ультракрасных лучей. Собр. соч., 1963, с. 359.

Невозможность доказать существование ощутительной дисперсии света в межпланетном пространстве методом Нордмана—Тихова, Собр. соч., 1963, с. 278.

(Способ исследования изменений прозрачности земной атмосферы посредством специального актинометра).— В кн.: Протоколы заседания Русск. отд. Междунар. союза по исслед. Солнца 27 апреля 1907 г. СПб., 1907. Стр. 2—3.

О двойном преломлении лучей электрической силы, Собр. соч., 1963, с. 127.

О температуре солнечных пятен, Изв. Акад. наук, Пг., 1915, № 2, серия, с. 88—89.

Об измерении спокойствия и прозрачности атмосферы во время солнечных наблюдений, Протоколы заседаний РОМКИСа 22—24 апреля 1905 г., СПб., 1905, Приложение 9, с. 33—34.

Успехи акустики за последние десять лет. Собр. соч., 1963, с. 259.

Об особенностях спектра β Aurigae, Собр. соч., 1963, с. 273.

Опытная физика. Учебное пособие для студентов медицинского факультета Московского университета, 1897/1898 г., 132 с. с рисунками. Переиздания в 1902 и в 1908 годах.

Опытные исследования в области электрических волн, Собр. соч., 1963, с. 335.

Успехи физики в 1911 году, Собр. соч., 1963, с. 364.

Приложение с оборотной призмой. Собр. соч., 1963, с. 164.

Способы получения высоких температур, Собр. соч., 1913, с. 292—302.

Фонометр, Собр. соч., 1963, с. 291.
Экспериментальные работы А. Г. Столетова, Собр. соч., 1913,
с. 277—286.

*Труды из архива П. Н. Лебедева,
опубликованные автором ранее*

Проекты реактивных двигателей для воздухоплавания (1892).—
Успехи физических наук, 1953, т. 50, вып. 2, с. 309—313.
Волновая стробоскопическая машина П. Н. Лебедева (1910).—
Успехи физических наук, 1953, т. 59, вып. 3, с. 469—472.
Методы генерирования микрорадиополей (1893—1894). Проекты
массовых излучателей.— Вопросы истории естествознания и тех-
ники. ИИЕиТ АН СССР, 1960, вып. 9, с. 102—110.

*Труды из архива П. Н. Лебедева,
использованные автором в данной книге*

Экспериментальные исследования физики X-лучей. Обнаружение
дифракции рентгеновских лучей на кристаллах (1896).
Экспериментальные исследования физики лучей Беккереля
(1897—1898).
Метод обнаружения движения Земли в эфире (1903).
Экспериментальные исследования дифракции механических и
электромагнитных волн на одномерных и двумерных решетках
(1909—1910).

Список принятых сокращений

Астр. журн.	—	Астрономический журнал. М.
Докл. АН СССР	—	Доклады Академии наук СССР
ЖРФХО	—	Журнал Русского физико-химического общества. М.
ЖЭТФ	—	Журнал экспериментальной и теоретической физики. М.
УФН	—	Успехи физических наук. М.
Ann. d. Phys.	—	Annalen der Physik Leipzig
Ann. d. Phys. u. Chem.	—	Annalen der Physik und Chemie. Leipzig
Archives des sciences phys. et natur.	Bibliothèque universelle —	Archives des sciences physiques et naturelles. Genève
Astr. Jahresber.	—	Astronomischer Jahresbericht. Berlin—Leipzig
Elektrotechn. Zeits.	—	Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin
J. Chem.	—	Journal de Chemie. Paris
Mon. not.	—	Monthly notices of the royal Astronomical society. London
C. R.	—	Comptes rendus de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève
Phyl. Mag.	—	Philosophical magazine. London
Phys. Zs.	—	Physikalische Zeitschrift. Leipzig
Phys. Rev.	—	Physical review. New York—Lancaster
Zs. f. Phys.	—	Zeitschrift für Physik. Berlin
Zs. f. Phys. u. Chem.	—	Zeitschrift für Physik und Chemie. Leipzig
Zs. f. Instr.	—	Zeitschrift für Instrumental. Leipzig

Указатель имен

- Абрагам М. 131
Абрикосова И. И. 111, 303
Айвазовский 20
Акулов Н. С. 270
Александр II 13
Александров А. П. 141
Александрова-Кочетова А. Д.
19, 21
Алексеев К. И. 265
Альтберг В. Я. 254, 260, 261,
272
Амбарцумян В. А. 156
Ампер А. М. 56, 106, 129
Амфитеатрова-Левичкая А. Н.
21, 235—237, 239, 245
Анаксагор 99
Андреев Н. Н. 178, 275
Аристотель 114
Аркадьев В. К. 176, 258, 262,
269, 270, 278—284, 299, 300,
312
Аронс 276
Аррениус С. 94, 98, 123, 136, 152
Архимед 148
Астон Ф. У. 224
Афанасьев А. В. 270
Ахматов А. С. 267, 275
- Баклунд О. А. 86, 160
Бартоли А. 79, 82, 113, 116, 117,
120, 123, 134, 135, 149
Басов Ю. В. 270
Беккерель А. 166, 167, 181, 182,
285
Бекнев А. Н. 24—27, 37, 39, 42
Беликов П. Н. 266, 274, 275
Белинский В. Г. 17
Белопольский А. А. 86, 157, 160,
190, 219
- Белькинд Л. Д. 129
Беркла Ч. Г. 174
Бернацкий В. А. 264
Бессель Ф. В. 148
Бетховен Л. 20
Бехтерев В. М. 93
Био 144
Блэккет П. М. С. 145
Богословский Е. В. 195, 262, 265,
278
Больцман Л. 77, 98, 116, 117,
133, 149
Бор Н. 108, 129, 145
Боргман И. И. 233, 263
Борн М. 110, 301
Боткин П. 14
Боткины, семья 19, 27
Брегг У. Г. 180
Брегг У. Л. 180
Бредихин Ф. А. 118, 148, 150
Бруно Д. 87
Брюсов Е. И. 74
Булгаков Н. А. 232
Бутлеров А. М. 129
Бухерер А. 219
Бьеркнес К. А. 100, 104
Бэт Р. 131
Бялобржеский Ч. П. 134, 154,
155
- Вавилов С. И. 131, 167, 258, 263,
266, 268, 285, 287—293, 307,
312, 313
Вальтер Б. 176
Вант-Гофф 285
Варбург Е. 52, 290, 300
Васильев Н. 262, 275
Введенский Б. А. 270, 278
Вебер В. 59, 62

- Велецкая О. И. 270
 Верди Д. 20
 Видеман Э. 78
 Вильсон Г. А. 144
 Винер О. 53, 69
 Власов А. А. 270
 Водопьянов К. А. 265, 278
 Волкова К. А. 270
 Волорovich М. А. 267
 Вольф М. 116, 126
 Вуд Р. 134, 135
 Вульф Ю. В. 180, 181, 269
 Вяльцев А. Н. 49, 166
- Гаалк 311
 Газенэрль Ф. 133
 Галанин Д. Д. 262
 Галилей Г. 87, 100
 Галь Э. 140
 Гальвакс В. 53
 Гамбурцев Г. А. 267
 Ганский А. П. 160
 Гаусс К. 59, 137
 Гвоздовер С. Д. 270
 Гегель Г. В. 55, 221
 Гейтлер В. 109
 Гельмгольц Г. 77, 87, 141, 242, 303
 Герлах В. 132, 135
 Герц Г. 49, 64, 75, 78, 101, 259, 277, 293
 Герцен А. И. 14, 18, 205, 212
 Гёте И. 58, 59, 205, 206, 247
 Гильберт Д. 138
 Глаголева-Аркадьева А. А. 270, 299
 Говер 30
 Гоголь Н. В. 20
 Гойтанников В. М. 270
 Голицын Б. Б. 51, 55, 56, 58, 73, 74, 76, 77, 86, 116, 117, 149, 160, 190, 218, 219, 233, 310
 Голицына М. 97
 Голубков В. П. 266
 Гольдгаммер Д. А. 51, 82
 Гользен А. 135
 Гошус Е. А. 262
 Горький А. М. 236
 Грибоедов А. С. 12
 Григорьян А. Т. 49
 Гротгус Т. 285
 Гуи 276
 Гумбольдт А. 55, 101, 210
 Гумилевский Л. И. 130
- Даламбер 247
 Дарвин Д. 180
 Дарвин Ч. 209
 Дворжак В. 104
 Дебай П. 108, 153, 180, 220
 Декарт Р. 99, 248
 Делингсгаузен К. 100
 Де-Метц Г. Г. 51
 Дерягин Б. В. 6, 9, 110, 111, 215, 267, 286, 303
 Добролюбов Н. А. 14, 18
 Допплер Х. 66, 158, 187—190, 216, 219
 Друде П. 277, 278
 Дюбуа-Реймон Е. 303
 Дюлонг П. Л. 220
 Дюринг Е. 87
 Дюфей Ш. Ф. 114
- Егоров Н. Г. 94, 160, 262, 263
 Екатерина II 11
 Елизавета, императрица 11
 Ефимов В. В. 268
- Жамен Ж. 285
 Жуковский Н. Е. 43, 76, 93, 96, 197, 198, 225
- Заборовский А. И. 267
 Зайцев А. А. 270
 Зеeman П. 140, 187, 248, 259
 Зелинский Н. Д. 128
 Зёрнов В. Д. 184, 253, 260, 261, 266, 269, 272
 Зилов П. А. 276
 Зильберман А. Н. 268
 Златовратский Н. Н. 253, 254, 261, 272, 299
- Ильин Б. В. 262, 266, 302, 303
 Иоффе А. Ф. 233, 234, 258
- Казанцев А. П. 136
 Казимир 111, 215
 Калашников А. Г. 267
 Калинин В. И. 266
 Кальбаум 121
 Кант И. 55, 211
 Капица П. Л. 111
 Капцов Н. А. 178, 257, 260, 261, 269, 270, 280, 300
 Каракозов Д. 13
 Карбино 187
 Карман Т. 301

- Карцер А. 53
 Кассо Л. А. 91
 Кастелица Г. 135
 Кастерин Н. П. 259
 Кауфман В. 174, 219
 Качалов В. И. 236
 Кеезом 109
 Кекчевев Г. Х. 268
 Кеплер И. 100, 114, 146, 148, 153
 Кессених В. Н. 265, 278
 Кирко И. М. 270
 Кирхгоф Г. 272, 273
 Клаузпус Р. Ю. Э. 62, 67, 68, 276
 Книппенг Р. 171, 179
 Ковнер С. С. 268
 Колли А. Р. 254, 260, 261, 265, 275—278, 280
 Кольрауш Ф. 53, 59, 68, 72
 Кон Э. 53, 149, 276
 Кондорский Е. И. 270
 Конобеевский С. Т. 271
 Коновалов Д. И. 51
 Коперник Н. 100
 Корчагин В. А. 270
 Косоногов И. И. 276
 Коссель В. 109
 Котович В. 261
 Кочетов Н. 19, 21, 22
 Кочетовы, семья 21, 22
 Кравец Т. П. 249, 250, 260, 261, 275, 276, 285, 288, 312
 Кравков С. В. 286
 Краснушкин П. Е. 269
 Крукс В. 116, 120
 Крылов И. А. 241
 Кудрявцев П. С. 270, 313
 Кузанский 100
 Кулибин И. П. 10
 Кулон Ш. 106
 Кундт А. 51—58, 62—64, 68, 69, 185, 241, 242, 244, 247, 249, 250, 300
 Курепин П. К. 262
 Курчатов И. В. 141
 Кюри, супруги 167, 182, 183, 292

 Лазарев В. П. 267
 Лазарев П. П. 8, 43, 55, 56, 94—96, 231, 233, 234, 244—246, 251, 252, 255, 256, 258, 261, 262, 264, 266, 267, 274, 275, 285—289, 301—312
 Ландсберг Г. С. 267, 269

 Лаплас П. С. 144
 Лауэ М. 179, 180
 Леб И. 304
 Лебедев Н. В. 14, 16, 19, 22, 27, 50
 Лебедев П. Н. 5—8, 14, 15, 18—30, 34—37, 39—45, 47—51, 53—80, 82—89, 91—98, 101—114, 117—144, 146—154, 156—193, 195—204, 206—216, 218—220, 222—280, 282, 284, 285, 288, 289, 292—303, 305, 308, 311—316
 Лебедева А. Н. 14, 18, 56, 65, 93, 207
 Лебедева А. П. (урожденная Жукова) 14, 15, 17
 Лебедева В. Н. 14, 18, 58, 64, 65
 Лебедева Е. В. 15
 Лебедевы, семья 19, 23
 Лебединский В. К. 233
 Левитская М. А. 299
 Лёвшин В. Л. 267, 275
 Левшин Л. Л. 169
 Лейб Ф. Б. 303
 Лейберг П. Б. 260, 271
 Лейк 199
 Лекланше 43, 44
 Ленин В. И. 13, 17, 89, 90, 92, 221, 308—310
 Леннард Ф. 116
 Ленц Э. Х. 258
 Леонардо да Винчи 100
 Леонтьев К. А. 266
 Лермонтов М. Ю. 20
 Лехер Э. 48
 Лиги А. Х. 100
 Лист Г. 34—37, 39, 41
 Лифшиц Е. М. 5, 110, 111, 215, 303
 Лобачевский Н. И. 221
 Ломоносов М. В. 10, 11, 137, 230, 231, 258, 303
 Лонгейкр 144
 Лондон Ф. 109, 111, 215
 Лопатин А. П. 20
 Лорентц Г. А. 98, 130, 149, 218, 265, 271
 Лукреций 114
 Луммер 164
 Любимов Н. А. 73
 Люис Г. 109
 Люис Д. Ж. 207, 208
 Лютцау И. Г. 184, 262

- Ляпунов А. М. 86
 Ляпунов А. Н. 267
- Магницкий Л. 10
 Магнус Г. 51, 249
 Маер Л. 53
 Майер Р. 87
 Майкельсон А. 139, 187, 188, 216
 Мак-Леод 63, 121
 Макалузо 187
 Максвелл Дж. К. 7, 52, 70, 79,
 80, 82, 113, 115—117, 120, 123,
 134, 135, 149, 151, 276, 277, 281,
 282
 Малов Н. Н. 9, 270, 278, 279
 Мандельштам Л. И. 50, 51, 53,
 258, 269
 Мануйлов А. А. 91, 92
 Марковников В. В. 76, 225
 Менделеев Д. И. 228
 Мензбир М. А. 91, 93
 Мечников И. П. 13
 Минц А. Л. 268
 Михельсон В. А. 51, 132, 160,
 164
 Млодзеевский А. Б. 261, 262,
 269, 272
 Мозенгейль К. 133
 Мозли Г. 175
 Молодой Т. К. 266, 267
 Моралев С. К. 270
 Морзе С. 32
 Морли Э. 139, 187, 188, 216
 Моссогти 68, 276
 Мустель Э. Р. 159
 де-Мэран 114
 Мюллер И. 303
- Неклепаев Н. П. 255, 262, 272,
 273
 Некрасов Н. А. 20
 Некрасов П. А. 77, 78
 Нернст В. 220, 285, 286, 304—306
 Никольс Э. Ф. 134, 135
 Новиков Н. И. 11, 12
 Новосильцев Н. С. 265, 278
 Нордман С. 157 159, 160
 Ньютон И. 65, 70, 87, 99, 148,
 247, 303, 313
- Ольберс В. 148—152
 Островский Е. П. 270
- Павлов И. П. 13, 22, 97
 Павлов 266, 267, 306
 Панежук 143
 Папалекси Н. Д. 50, 51, 53
 Паррот Е. 303
 Пашен Ф. 57, 82, 164, 297
 Песталоцци И. Г. 12
 Петр Первый 10
 Петров В. В. 10
 Пизен Г. 132
 Пильщикова А. И. 270
 Пирогов Н. И. 12
 Пирсон К. 101
 Писарев Д. И. 14, 18
 Планк М. 57, 133, 167, 168, 250
 Пойнтинг Д. Г. 131, 132
 Покровский С. И. 131
 Ползунов И. И. 10
 Поликарпов М. И. 267
 Полонский Я. П. 213
 Поль Р. 176
 Польшер 111
 Порт Г. 262
 Предводителей А. С. 267
 Пушкин А. С. 20
- Рабинович Я. И. 303
 Райе Т. 53
 Раменский А. 11, 12
 Рафаэль 20
 Ребиндер П. А. 267, 302
 Резерфорд Э. 108, 184, 223
 Рентген В. К. 168, 174, 182, 250
 Рехрудель Э. М. 270
 Ржевкин С. Н. 9, 263, 266, 268,
 275, 306
 Риги А. 80, 120, 131
 Рождественский Д. С. 258
 Розанов Б. 263
 Роити А. 48
 Романов В. И. 178, 181, 261, 269,
 270, 275, 276, 278, 300
 Росселанд 143
 Роулэнд Г. 45, 137, 138
 Рубенс Г. 57
 Рыкачев М. А. 86
 Рэлей 253
- Савар 144
 Садиков Б. А. 270
 Садлер У. 174
 Садовский А. И. 130, 131
 Самойлов А. Ф. 246
 Сахаров М. 263

- Северцев А. Н. 93
 Секки А. 48, 49, 101
 Селяков Н. Я. 266
 де Сен-Виктор Н. 166
 Сенебье Ж. 285
 Сердюков А. Р. 5, 126, 134, 155, 196, 198, 296
 Сеченов И. М. 13, 76, 211, 225, 228, 303
 Сименс У. 45
 Симонов И. М. 137
 Скворода Г. С. 10, 11
 Смолуховский М. 301, 302
 Смотрицкий М. 10
 Соболев В. В. 156
 Соколов А. П. 74, 80, 84, 226, 260
 Спасский Б. И. 313
 Спивак Г. В. 270
 Спиноза 100, 101
 Сребницкий 262
 Стокс Д. Г. 272, 273, 292
 Столетов А. Г. 73—78, 119, 169, 211, 225, 228, 243, 249, 258
 Стюарт 50
 Сузерленд У. 140—143
 Суонн 144
- Тамм И. Е. 167, 292
 Телеснин Р. В. 9, 270
 Теренин А. Н. 288
 Терешин С. Я. 51
 Тимирязев А. К. 233, 261, 269, 301, 312, 313
 Тимирязев К. А. 13, 75, 76, 80, 82, 85, 91—93, 97, 211, 225, 285
 Тимофеев П. В. 270
 Титов В. С. 262, 267
 Тихов Г. А. 157, 159, 160
 Толстой Л. Н. 13, 14, 18, 240
 Толяман Р. Ч. 50
 Томсон Д. 223, 224
 Томпсон С. 166
 Томсон У. (лорд Кельвин) 44, 60, 77, 82
 Трапезников А. К. 267, 287
 Тургенев И. С. 20
- Ульянин В. А. 51, 74
 Ульянов И. Н. 12
 Умов Н. В. 13, 77, 80, 84, 243, 244
- Усагин И. Ф. 195
 Успенский Н. Е. 181, 262, 269, 271
 Ушинский К. Д. 12, 14, 15
- Фарадей М. 34, 45, 56, 186, 229
 Фаталшев Х. М. 270
 Федоров Н. Т. 266
 Федорова В. И. 266
 Фесенков В. Г. 164
 Физо А. И. Л. 272
 Фиттинг Р. 53
 Фитцджеральд Д. Ф. 127, 129, 151
 Фохт В. 187
 Франк И. М. 167, 292
 Фраунгофер 140, 176
 Френель О. Ж. 115, 176
 Френкель Я. И. 144, 145
 Фридрих В. 171, 179
 Фуко Ж. Б. А. 141
- Хайновский 22, 35, 39
 Хвольсон О. Д. 38, 160, 180, 233
 Хелль Дж. Ф. 134, 135
 Христофель Э. 53
 Хюттер Э. 20
- Цёльнер Ф. 113, 116, 118, 148—152
 Цераский В. К. 160, 232
- Чаговец В. Ю. 303, 304
 Чандрасекар С. 155
 Черенков П. А. 167, 292
 Черный Ф. Б. 270
 Чернышевский Н. Г. 12, 14
 Чиколев В. Н. 30, 31
 Чугаев Л. А. 43
 Чураев Н. В. 303
- Шапошников К. Н. 131
 Шварцшильд К. 123, 125, 151, 152
 Шеринг К. 53
 Шеррер П. 180
 Шехтман Я. Л. 267
 Шиллер Н. Н. 119
 Шмаков П. В. 268
 Шпольский Э. В. 266, 268, 287
 Штенгер Ф. 53
 Штерн О. 132
 Штетер Г. 61
 Шулейкин В. В. 267, 308, 311

Шульд В. 22, 57, 58
Шульцы, семья 72
Шустер А. 120, 138

Щегляев В. С. 43, 51
Щодро Н. К. 262, 266, 287, 309

Эддингтон Т. 155
Эдисон Т. А. 30, 36
Эдлунд 44, 47—49
Эйлер Л. 114, 148, 303
Эйнштейн А. 98, 168, 219, 220,
287
Эйхенвальд А. А. 19, 22, 25, 35,
36, 51, 53, 79, 89, 218

Эйхенвальд В. А. 89
Эльзасер 144, 145
Энгельс Ф. 87
Эпикур 114
Эрб 126
Эренфест П. 98, 233
Эсмарх В. И. 262
Этвеш Л. 139

Яковлев К. П. 184, 202, 262, 269,
284
Янкович Ф. И. 12
Яновский Б. М. 268

Содержание

От редактора	5
От автора	7
Введение	10
Биография ученого	14
Отрочество	14
Призвание	23
Страсбургский университет	50
Поиски главного научного направления	58
Московский университет	73
Последний год жизни	89
Научное наследие	99
Природа молекулярного взаимодействия	99
Световое давление	112
Нерешенные проблемы	137
Работы по астрофизике	146
X-лучи и радиоактивность	165
Инженерно-конструкторские идеи и проекты	184
Философ, общественный деятель, педагог	205
Философские воззрения	205
Организатор науки	224
Педагогические взгляды	238
Научная школа	258
Создатель и руководитель школы физиков	258
Рождение новых научных направлений физики	271
Послесловие	314
Труды П. Н. Лебедева	317
Список принятых сокращений	320
Указатель имен	321

Анатолий Романович Сердюков
Петр Николаевич Лебедев

*Утверждено к печати редколлегией
научно-биографической серии АН СССР*

Редактор издательства *В. П. Большаков*
Художественный редактор *И. В. Разина*
Технический редактор *Н. Н. Плохова*
Корректоры *А. М. Журавлева, И. А. Талалай*

ИБ № 7559

Сдано в набор 5.06.78. Подписано к печати 6.12.78.
Т-17043. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1
Гарнитура обыкновенная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 17,2. Уч.-изд. л. 17,1
Тираж 22400 экз. Тип. зак. 455
Цена 60 коп.

Издательство «Наука»
117485, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94а
Ордена Трудового Красного Знамени
Первая типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, д. 12

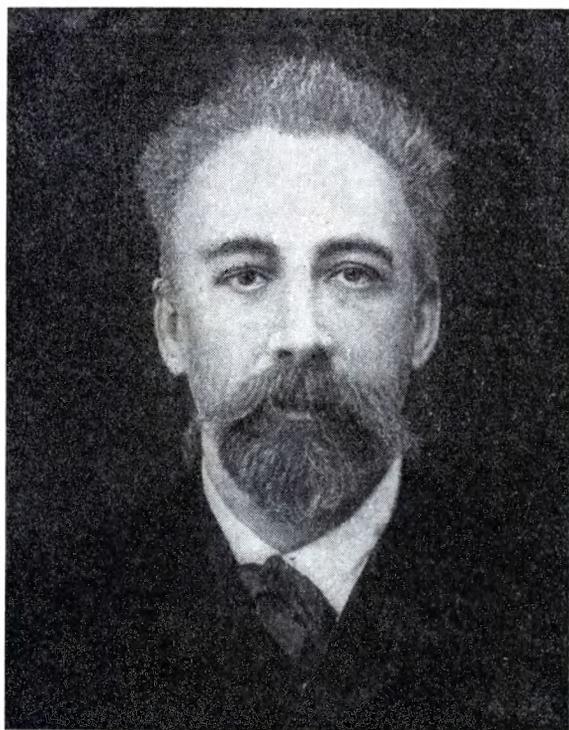
СПИСОК ОПЕЧАТОК

<i>Страница</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Должно быть</i>
219	6 сн.	которые завершились	которая завершилась
224	14 сн.	к экзотерич-	к экзотерич-

А. Р. Сердюков

Петр Николаевич Лебедев

А. Р. Сердюков



А. Р. Сердюков

**Петр Николаевич
ЛЕБЕДЕВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Бирюков Ю. В.

СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ КОРОЛЕВ

(1907—1966).

1980. 16 л. 1 р. 10 к.

Книга посвящена научной, инженерной и организаторской деятельности основоположника практической космонавтики в нашей стране академика С. П. Королева. Главное внимание уделено его работам по созданию мощных ракет различного типа и назначения, а также первых космических систем. Рассказано о возникновении школы советского ракетно-космического машиностроения. Освещены взгляды С. П. Королева на прошлое, настоящее и будущее космонавтики.

Рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97

370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13

734001 Душанбе, проспект Ленина, 95

252030 Киев, ул. Пирогова, 4

443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2

197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7а

117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12

630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22

620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137

700029 Ташкент, Л-29, ул. К Маркса, 28

450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10

720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42

310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.

Цена 60 коп.