

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

53(092)

ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ И ЕГО ШКОЛА
(К 120-летию со дня рождения)

Ю. А. Храмов

Выдающийся русский ученый Петр Николаевич Лебедев известен широкой научной общественности не только как крупный физик-экспериментатор, но и как создатель первой отечественной школы физиков, которая была сформирована им в Московском университете, где он с 1891 г. работал лаборантом физической лаборатории, а с 1900 г.— профессором. «Петр Николаевич Лебедев не только прославил русскую науку выдающимися трудами по самым животрепещущим вопросам современной ему науки,— писал его ученик Т. П. Кравец,— но и создал обширную физическую школу, в которой воспитал плеяду талантливой молодежи. Он первый организовал лабораторию, в которой будущий ученый-физик мог творчески работать. Воспитание достойной смены, подготовка руководящих кадров русской физики стали осуществляться в широких масштабах и без иностранной помощи»⁽¹⁾, с. 391). Значение П. Н. Лебедева как воспитателя творческой молодежи отмечает и другой его ученик Н. А. Капцов: «Гениальный ученый, в исследованиях которого исключительная глубина мысли сочеталась с необыкновенным искусством эксперимента, был одновременно организатором широко поставленной коллективной работы в области физики. Он принадлежал к тем ученым, которые не только самидвигают науку вперед, но и вовлекают в эту работу молодое поколение. Заветной мечтой Петра Николаевича было передать своим ученикам свой метод, свое умение научно и творчески мыслить, воспитать из них ученых, способных удовлетворить практические запросы родины. К этому делу он относился с таким же увлечением, с такой же любовью, как и к своим собственным научным исследованиям»⁽¹⁾, с. 406). О Лебедеве, как «создателе первой физической школы в России», говорит также его ближайший ученик и помощник по физической лаборатории П. П. Лазарев⁽²⁾, с. 405).

П. Н. Лебедев родился 8 марта 1866 г. в Москве. Уже в ранней юности он проявил склонность к конструированию, мастерил различные электрические машины и проводил с ними опыты, читал книги по физике и электротехнике. В результате уже к 16 годам определился его интерес к изучению физических явлений, и он четко решил для себя стать исследователем. В 1884 г. П. Н. Лебедев поступает в Московское высшее техническое училище, где в лаборатории проводит свои первые научные исследования в области физики. Они хотя и не дали положительных результатов, но тем не менее привили навыки к экспериментированию и обучили профессии механика. Однако не окончив училища, он в октябре 1887 г. отправляется в Страсбургский университет, где становится учеником известного физика и замечательного педагога А. Кундта. Именно в Физическом институте Кундта П. Н. Лебедев сфор-

мировался как физик-исследователь, и здесь же в глубоко научной атмосфере института наметился план его будущих физических исследований. То влияние, которое на него оказал А. Кундт, научив его «физически думать» и «физически работать», Лебедев ярко раскрыл в очерке о своем учителе (³, с. 240—263).

В Страсбурге П. Н. Лебедева заинтересовала природа молекулярных сил и строения вещества, а также электромагнитная теория света Максвелла. И первые работы, выполненные здесь, относились к изучению электрических свойств молекул и отталкивающего действия лучеиспускающих тел. Именно от второй работы генетическая линия его исследований ведет к знаменитым опытам по экспериментальному доказательству давления света на твердые тела и газы.

В 1891 г. П. Н. Лебедев получил степень доктора философии Страсбургского университета за работу «Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Клаузиуса — Моссотти» (³, с. 3—26). Полный планов и идей, он в том же году вернулся в Москву, где в университете стал сверхштатным лаборантом физической лаборатории А. Г. Столетова, организованной в 1873 г. и руководимой в то время А. П. Соколовым. В тесном, мало приспособленном для проведения научных работ помещении столетовской лаборатории П. Н. Лебедев развернул физические исследования, совмещая таким образом педагогическую работу с чисто научной и реализуя свою программу, основной целью которой было опытным путем обосновать давление света. Здесь же он устроил и мастерскую для изготовления необходимых приборов, без которой немыслима была экспериментальная работа. «Из этой мало удобной для научных работ лаборатории Московского университета вышли замечательные по своему мастерству и глубине исследования П. Н. Лебедева», — отмечал его ученик В. К. Аркадьев (⁴, с. 94).

Следует заметить, что интерес Лебедева к микроструктуре материи проходит через все его работы, начиная с первой — диссертационной, в которой он не только экспериментально обосновал справедливость теории Клаузиуса — Моссотти, но и, рассматривая молекулы как электропроводящие частицы, способные реагировать на электромагнитные колебания, иными словами, резонирующие на падающие электромагнитные волны, дал дополнительные аргументы в пользу концепции атомно-молекулярного строения вещества.

Нельзя не сказать и о второй работе Лебедева «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел» (³, с. 27—32), которая явилась исходной в реализации его программы по световому давлению и, по словам Т. П. Кравца, « положила основу всемирной известности молодого Лебедева и вниманию, с которым встречались все последующие его публикации» (⁵, с. 18). Впервые она была дожжена в июле 1891 г. на семинаре у Ф. Кольрауша в Страсбурге.

«Цель настоящей статьи, — писал П. Н. Лебедев, — заключается в том, чтобы показать, какую долю ньютоновской силы притяжения составляет отталкивание лучеиспусканем как для Солнца, так и для всякого шаро-видного тела, температура которого не равна абсолютному нулю» (³, с. 27—28). И завершая статью, делает вывод, «что при изучении сущности так называемых «молекулярных сил» мы не можем пренебречь силами, возникающими от лучеиспускания, не определив предварительно той доли молекулярных сил, которую они составляют, и не отделив эти известные силы от неизвестных» (³, с. 32).

В этой статье П. Н. Лебедев сделал также вывод, что форма кометных хвостов обусловливается механическим действием солнечных лучей. Если у И. Кеплера подобная же идея носила характер гениальной, но интуитивной догадки, то у Лебедева — обоснованного теоретического утверждения. Он был твердо убежден, что солнечный свет оказывает давление на газовые молекулы кометы, причем это убеждение основывалось у него на глубоком понимании механизма молекулярных сил и теории Максвелла о механическом

давлении света на вещества. Он также теоретически показал, что давление, оказываемое солнечными лучами на малые частицы космического пространства, может превалировать над силами ньютоновского притяжения их к центральному телу, и подобный эффект будет сказываться тем явственнее, чем меньше радиус космической частицы-шарика. После доклада результатов работы на семинаре Ф. Кольрауш, заключая, сказал: «Я считаю все это



П. Н. Лебедев (1866—1912)

очень плодотворной идеей. Однако нужно делать выводы с большой осторожностью — и, прежде всего, все проверить экспериментально» (⁶, с. 564). П. Н. Лебедев и сам был убежден в этом и в лаборатории Столетова активно принялся за реализацию своих планов.

В 1894—1897 гг. он осуществил цикл исследований по влиянию электромагнитных, гидродинамических и акустических волн на резонаторы. Результаты их были опубликованы им сначала в виде отдельных статей, а в 1899 г. вышли в свет отдельным изданием «Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы» (³, с. 56—120). Здесь Лебедев установил, что независимо от природы волны имеет место ее механическое влияние на резонатор, а также вскрыл некоторые закономерности такого воздействия. «Полная тождественность в действии пондеромоторных сил, которая экспериментально обнаружена для столь различных колебательных движений, каковы колебания электромагнитные, гидродинамические и акустические,— писал Лебедев,— 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 приложимости 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 предвычислять при этом межмолекулярные силы и их величину»⁽³⁾, с. 119—120). За эту работу П. Н. Лебедеву была присуждена (1899 г.) степень доктора физико-математических наук без защиты магистерской диссертации.

В рамках указанного цикла работ Лебедевым были получены также важные результаты в области электромагнитных колебаний, которые сделали его основоположником физики миллиметровых электромагнитных волн. Он разработал новые методы генерирования и детектирования миллиметровых электромагнитных волн. Г. Герц при помощи своего 26-сантиметрового вибратора получал волны длиной 60 см, а П. Н. Лебедев при помощи своего миниатюрного вибратора собственной оригинальной конструкции получал волны в 20 раз короче. Таким же эффективным был и его чувствительный термоэлектрический детектор. Имея в своем распоряжении подобные приборы, Лебедев генерировал электромагнитные волны длиной 6 мм и даже 3 мм. «...Я обнаружил слабые, но несомненные следы колебаний при $\lambda = 3$ мм, — писал П. Н. Лебедев. — До настоящего времени это самые короткие электромагнитные волны, которые когда-либо наблюдались при искровом разряде проводников»⁽⁴⁾, с. 222). Этот лебедевский предел волны был открыт лишь в 1922 г. А. А. Глаголевой-Аркадьевой — ученицей В. К. Аркадьева. Экспериментируя с полученными 6-мм волнами, П. Н. Лебедев наблюдал те же эффекты, что и Г. Герц, т. е. их отражение, преломление, поляризацию и интерференцию, а также обнаружил (1895 г.) новый эффект — их двойное преломление в кристаллах⁽⁴⁾, с. 127—141). Тем самым было получено еще одно доказательство в пользу единой природы световых и электромагнитных волн, способствующее утверждению теории Максвелла.

Следует заметить, что лебедевские методы получения и измерения электромагнитных волн нового диапазона были разработаны им на основе оптических методов. Г. Рубенс и П. Н. Лебедев, «идя» по шкале электромагнитных волн навстречу друг другу, пытались «сомкнуть» на ней тот промежуток, который существовал между самыми длинными инфракрасными лучами и самыми короткими герцовскими волнами. Первый получил инфракрасные лучи с рекордной величиной λ , равной 0,3 мм, второй — электромагнитные волны с $\lambda = 3$ мм.

Однако уже в те далекие годы П. Н. Лебедев ясно сознавал, что физика не может довольствоваться достигнутым интервалом электромагнитных волн, и для изучения структуры и свойств вещества потребуются еще более короткие волны. «...Переходя к волнам $\lambda = 1$ мм, мы попадаем в область волн, соответствующих уже молекулярным колебаниям материи, — писал он. — Но для всестороннего исследования свойств материи нам необходимо пользоваться еще меньшими колебаниями. Тепловоелучиспускание ... не может давать лучей $\lambda > 0,1$ мм; для получения колебаний, заключающихся между $\lambda = 3$ и $\lambda = 0,1$ мм, нам необходимо найти новый источник ..., и способ получения еще более коротких волн будет очень крупным шагом вперед в области экспериментальной физики»⁽⁴⁾, с. 222—223). Эти мысли нашего гениального соотечественника можно отнести к предыстории миллиметровой и субмиллиметровой спектроскопии, которая зародилась в 40-х годах XX столетия.

Однако работы П. Н. Лебедева по электромагнитным волнам были своеобразной прелюдией к его последующим, главным работам по измерению давления света. Они отточили его экспериментальное мастерство, укрепили уверенность в успех новых, более сложных и тонких экспериментов. Именно в процессе их реализации, а также исследований в области акустики появ-

ляются его первые ученики — П. Б. Лейберг, В. А. Альтберг, В. Д. Зернов, Н. П. Неклепаев, Н. А. Капцов, Т. П. Кравец, А. Р. Колли, В. И. Романов.

Ученики работали по темам, предложенным П. Н. Лебедевым. Так, П. Б. Лейберг исследовал затухание акустических резонаторов в связи с изучением самим Лебедевым пондеромоторного действия акустических волн на резонаторы (1896 г.)⁷, А. Р. Колли — дисперсию электромагнитных волн в жидкостях (1899 г.)⁸, Т. П. Кравец — диэлектрическую проницаемость воды в поле высокой частоты. Исследования последних двух тесно примыкали к работе Лебедева «О двойном преломлении лучей электрической силы» (1895 г.).

Этим П. Н. Лебедев положил начало не только коллективной экспериментальной работе по физике в России, но и формированию своей физической школы. «Трудно сказать, что было дороже Петру Николаевичу: его собственные работы или работы его учеников,— вспоминает Н. А. Капцов.— Заветной мечтой Петра Николаевича было передать ученикам свой огромный исследовательский опыт и свое умение научно и творчески мыслить, воспитать из них ученых,двигающих физику вперед и способных удовлетворить запросы техники и народного хозяйства страны ... Неизмеримо велико было обаяние светлой личности этого человека — не только гениального ученого, сочетавшего исключительную глубину научной мысли с необыкновенным искусством экспериментатора, но и руководителя научной школы, горячо любившего своих учеников. Он не только двигал науку вперед, как никто иной, но и всеми силами вовлекал в свою науку молодое поколение, стараясь создать продолжателей своего дела»⁹, с. 328).

В 1899 г. П. Н. Лебедев принимается за экспериментальное подтверждение существования светового давления и его измерение, представляющее собой качественно новый этап в его научном творчестве. Как известно, световое давление было предсказано И. Кеплером в его трактате «Гармония мира» (1619 г.) с целью объяснить отклонение хвостов комет в сторону от Солнца. О механическом действии света на тела писал в 1746 г. также Л. Эйлер. Теоретическое существование давления света следовало из теории Максвелла, который и вычислил его величину (1873 г.). На другом пути, исходя из термодинамических соображений, А. Бартоли также определил (1876 г.) его значение. Существование сил светового давления пытались доказать многие ученые XIX в.— О. Френель (1825 г.), У. Крукс (1874 г.), Ф. Цольнер (1877 г.), А. Риги (1877 г.), Ф. Пашен, А. Бартоли (1884 г.), а еще ранее Ж. де Меран и Ш. Дюфе (1754 г.), поставившие первые опыты. Однако все эти попытки окончились неудачей. Правда, в экспериментах Крукса были обнаружены другие силы, также интересные и важные для исследователей, так называемые радиометрические, которые, как стало ясно, совместно с силами конвекции маскируют эффект светового давления.

Реализация этого принципиально нового цикла исследований была сопряжена с огромными экспериментальными трудностями, перед которыми отступили даже такие мастера опыта, как У. Крукс, А. Риги и Ф. Пашен. Она потребовала новых остроумных решений и настойчивости в достижении конечной цели. Ведь эффект светового давления на тела чрезвычайно мал и к тому же подавлен более сильными эффектами — конвекционным и радиометрическим. П. Н. Лебедев их значительно ослабил, поместив свою установку в самый высокий для того времени вакуум, достижимый путем эвакуации остатков частиц газа из сосуда при помощи паров ртути с последующим их вымораживанием (здесь мы встречаемся с идеей диффузионно-ртутного насоса в ее первоначальной форме). Преодолев колоссальные экспериментальные трудности, Лебедев прямым опытом доказал давление света на твердые тела. В 1900 г. на Всемирном конгрессе физиков в Париже П. Н. Лебедев сделал предварительное сообщение о своих опытах¹⁰, с. 184—185) (результаты предварительных опытов Лебедев доложил 17 мая 1899 г. на заседании общества естествоиспытателей в Лозанне¹¹, с. 190 и 423—424)). Полностью он завершил

их в начале 1901 г. В обстоятельной статье «Опытное исследование светового давления» (1, с. 187—210), опубликованной в 1901 г., Лебедев писал: «Полученные результаты можно формулировать таким образом:

1) падающий пучок света производит давление как на поглощающие, так и отражающие поверхности; эти пондеромоторные силы не связаны с уже известными вторичными конвекционными и радиометрическими силами, вызываемыми нагреванием;

2) силы давления света прямо пропорциональны энергии падающего света и не зависят от цвета;

3) наблюденные силы давления света в пределах погрешностей наблюдений ($\pm 20\%$, как оценивает точность своих экспериментов сам Лебедев — Ю. Х.) количественно равны максвелл-бартолиевым силам давления лучистой энергии. Таким образом, существование максвелл-бартолиевых сил давления опытным путем установлено для лучей света» (1, с. 210).

Выполненное исследование принесло П. Н. Лебедеву всемирную известность и поставило его в ряд выдающихся физиков-экспериментаторов своего времени. «По всем своим подробностям работа П. Н. останется ярким образцом экспериментального искусства, настойчивости и умения преодолевать все затруднения, возникающие в результате несовершенства техники,— писал Т. П. Кравец.— Эта работа имела во всем научном мире шумный и вполне заслуженный успех. Основные журналы на всех языках перепечатали ее полностью или в извлечении» (10, с. 311). А известный английский физик У. Томсон (Кельвин) по этому поводу высказался так: «... Я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот ... Лебедев заставил меня сдаться перед его опытами» (2, с. 415). Высоко оценил полученные результаты и Ф. Пашен. «Я считаю Ваш результат одним из важнейших достижений физики за последние годы и не знаю, чем восхищаться больше — Вашим экспериментальным искусством и мастерством или выводами Максвелла — Бартоли,— писал он.— Я оцениваю трудности Ваших опытов тем более, что я сам несколько времени тому назад задался целью доказать световое давление и проделывал подобные же опыты, которые, однако, не дали положительного результата, потому что я не сумел исключить радиометрических действий» (6, с. 569).

С такой же энергией и целеустремленностью П. Н. Лебедев принялся за осуществление завершающих экспериментов по обнаружению и измерению давления света на газы, что представляло еще более сложную и непомерно трудную задачу.

О мастерстве и настойчивости П. Н. Лебедева, проявленных при проведении этих исследований, П. П. Лазарев писал: «Нельзя перечислить всех тех вариантов опытов, которые были сделаны, чтобы открыть явление; достаточно сказать, что окончательных приборов,— приборов, с которыми были сделаны измерения,— было построено до двадцати. Много раз казалось, что исследование дает вполне отрицательный результат, что нельзя устраниТЬ побочных пертурбирующих сил, что наблюдать явление невозможно, и всякий раз Лебедев находил зацепку, которая позволяла ему сделать новый вариант опыта, чтобы иметь возможность до конца довести все то, что было им блестяще задумано» (3, с. XVIII—XIX).

В 1909 г. П. Н. Лебедев окончательно и однозначно доказал существование давления света на газы (1, с. 299—321; 12, с. 141) (предварительное сообщение (1, с. 280—281) им было сделано в декабре 1907 г.). «Путем долгого напряжения, блестящих приемов и тонкого проникновения в механику явления ему удалось довести работу до удачного конца и подтвердить основное предположение,— отмечает в этой связи Т. П. Кравец.— Работа представляет собой образец непревзойденного, а, может быть, и недосягаемого экспериментального искусства. Никто не пытался ее повторить. Сделав ее, П. Н. мог считать, что он одну за другой поставил и разрешил все задачи, групирующиеся вокруг предсказанного Максвеллом светового давления» (10, с. 313).

Ученик А. Куундта и наиболее яркий представитель его школы экспериментальной физики, П. Н. Лебедев, как видим, сам снискал себе известность блестящего экспериментатора-виртуоза, автора исследований, выполненных скромными средствами на грани технических возможностей того времени, но поражающих глубокой интуицией и гениальностью.

Установление существования давления света на твердые тела и газы имело огромное значение для физики вообще и для окончательного утверждения теории электромагнитного поля Максвелла в частности. Из опытов Лебедева к тому же следовало, что с излучением связана не только энергия, но и импульс, что само по себе представляло вывод фундаментального значения. Достаточно посмотреть на лебедевскую формулу для светового давления $P = (E/v)(1 + \beta)$, где E — лучистая мощность, падающая на поглощающую поверхность, v — скорость света, β — отражательная способность поверхности (учитывая, что давление света численно равно изменению количества движения mc), чтобы «перебросить» от нее мостик к эйнштейновскому соотношению массы и энергии $E = mc^2$.

«... Доказанный факт светового давления необычайно облегчил конкретизацию той неразрывной связи между массой и энергией, которая во всей широте была выяснена теорией относительности,— писал в этой связи С. И. Вавилов.— Элементарное световое давление современной квантовой физики, момент фотона $h\nu/c$, есть обобщение лебедевского опыта. На почве этого обобщения стало возможно понимание особенностей рассеяния лучей Рентгена и лучей-гамма. Так называемый эффект Комптона есть, в сущности, осуществление лебедевского опыта в элементарном процессе при столкновении фотона и электрона. Таким образом, работы Лебедева по световому давлению — это не отдельный эпизод, но важнейший экспериментальный узел, определивший развитие теории относительности, теории квантов и современной астрофизики... Не только историк, но и исследователь-физик еще долго будут прибегать к работам П. Н. Лебедева как к живому источнику» (11, с. 96).

Работы Лебедева по световому давлению были апогеем его научного творчества. В этот же период начинает активно формироваться и его школа экспериментальной физики. П. Н. Лебедев прекрасно понимал и первый в России наиболее ярко показал, что коллективный метод физического исследования является наиболее рациональным. Тема светового давления нашла отражение и в работах учеников Лебедева. Следует заметить, что все исследования, проводимые его учениками, всегда были тесно связаны с его собственными исследованиями, часто являясь своеобразным дополнением к ним, иными словами, звеньями одного и того же цикла работ. «Как разнообразны и как идейно связаны темы, которые получают ученики,— писал в этой связи В. Д. Зернов.— Это единство идейности связывает учеников в контактную дружную группу, это единство идей, заложенных в работах учеников, с идеями работ самого учителя связывает учеников с учителем» (12, с. 145).

В таком же духе высказывается и Т. П. Кравец: «... Они (ученики.— Ю. Х.) всегда чувствовали, что их усилия не являются разрозненными и случайными, что те камни, которые они приносили и клади, на их глазах, по указанию зодчего, складывались в прекрасное здание, которое уже вырисовывалось своими строгими и классическими линиями» (13, с. 288).

Исходя из аналогии с существованием давления света, П. Н. Лебедев предположил существование давления на тела вообще со стороны любого волнового процесса. В развитие этого предположения он предложил своим ученикам экспериментально доказать это. Так, в 1901 г. В. Я. Альтберг измерил давление, производимое звуковыми волнами¹⁴, а в 1902 г. Н. А. Капцов — давление от воли, распространяющихся по поверхности воды¹⁵. Позднее В. Д. Зернов построил прибор для определения силы звука в абсолютных единицах, основанный на использовании метода звукового давления Альтберга¹⁶.

Перечисленные выше исследования Лебедева и его первых учеников проводились в столетовской студенческой физической лаборатории в вечерние часы. Своих учеников Лебедев «находил» среди студентов, занимающихся в физическом практикуме.

Огромное значение для обучения и воспитания его учеников имели еженедельные коллоквиумы по типу кундтовских, которые П. Н. Лебедев впервые в России организовал в 1901 г. при физической лаборатории. Эти коллоквиумы по средам сделались для них своеобразной высшей школой. «... Впечатление от коллоквиумов Лебедева, — вспоминает П. П. Лазарев, — было совершенно изумительное. Помимо колоссальной учености, у него было исключительное умение просто подойти даже к начинающему. Меня с самого начала поразило, с каким терпением Лебедев выслушивал высказывания молодых физиков, отстаивающих иногда заведомо неправильную точку зрения. Эта черта, несомненно, обладала большой притягательной силой, привлекавшей к Лебедеву симпатии молодежи. Вокруг него образовалась большая группа начинающих физиков, из среды которых вышли впоследствии очень ценные научные работники ... Я имел возможность прослушать специальный курс, прочитанный Лебедевым для лиц, работающих у него в лаборатории. Курс был посвящен современным успехам физики, изложен Лебедевым с исключительным блеском и прослушан студентами с захватывающим интересом ... Специальные лекции Лебедева показывали огромную начитанность его не только в избранных им для исследований областях, но и в областях, очень далеких от его работ ... Постепенно коллоквиумы стали одной из постоянных составных частей университетского преподавания у Лебедева» (17, с. 574). И далее: «В этих коллоквиумах все — с начинающего студента и кончая их руководителем, чувствовали себя членами большой семьи, и таким путем получалось то объединение работающих, которое так необходимо в научной работе» (2, с. 419—420).

Восторженно высказывается о лебедевских коллоквиумах и Т. П. Кравец. «Нет в нашей жизни более сильного воспоминания, чем эти незабвенные собрания, — пишет он, — на которых мы из учеников незаметно для себя вырастали в начинающих, но уже самостоятельных ученых, и на которых наш учитель проявил себя в новом невиданном блеске. Огромная эрудиция, блестящая выдумка, меткость научных характеристик, богатство воспоминаний П. Н. только здесь предстали нам во весь свой полный рост» (10, с. 319).

Таким образом, в условиях, стесняющих исследования, П. Н. Лебедев не только проводил плодотворную научную работу, носящую фундаментальный и приоритетный характер, но и воспитывал творческую молодежь. «Он показал своей работой, — писал Т. П. Кравец, — что даже в тяжелых условиях университетского устава 1884 г. и дореволюционной политической атмосферы можно создать свой, русский, центр научной работы — и центр не захудалый, центр передовой, притягивающий к себе взоры всего научного мира. Он и молодежи сумел показать, как нужно работать, чтобы стать настоящим ученым, и что значит быть настоящим ученым. Выше труда усвоения, учебы он поставил перед молодежью труд творчества и искания. «Отдельных посетителей университета» (таковы должны быть студенты по указанному уставу) он сумел в своей лаборатории превратить в один рабочий коллектив, работающий по единому плану, идущий к единой цели...» (18, с. 103).

В 1904 г. было завершено строительство здания Физического института при Московском университете, где на втором этаже для лаборатории самого Лебедева были отведены две большие комнаты и полуподвальное помещение («лебедевский подвал») для руководимых им исследований, что позволило шире развернуть научную работу. Таким образом, только в 1904 г. Лебедев получил в свое распоряжение настоящую научно-исследовательскую лабораторию с мастерской, не связанную с общестуденческим практикумом, ставшую к тому же притягательным центром для творческой молодежи. Если в 1896 г. у Лебедева работало всего трое сотрудников, а в 1900 г. — 10, то в

1911 г.—28. Так, в 1905 г. в лаборатории одновременно велось около десяти научных работ начинающими молодыми физиками. В 1910 г. в ней насчитывалось уже 1229 приборов, многие из которых сделаны самими сотрудниками лаборатории, и велась большая серия работ по идеям Лебедева¹⁹.

Исследования в этот период в основном были сосредоточены в двух направлениях — в области физической акустики и физики электромагнитных колебаний. Совместно с В. Я. Альтбергом, В. Д. Зерновым и Н. П. Неклепаевым Лебедев осуществил пионерские работы по изучению генерации, распространения и приема ультразвуковых волн в воздухе. В частности, в 1906 г. им был предложен метод генерации ультразвука с помощью искрового разряда. Ему удалось впервые получить ультразвуковые колебания с широким спектром вплоть до 400 кгц и осуществить их спектральный анализ. Вместе с учениками он создал ряд ультразвуковых измерительных приборов, используемых для количественной оценки величины пондеромоторных сил в ультразвуковом поле (В. Я. Альтберг, 1903 г.). Кроме того, Альтбергом были получены (1907 г.) акустические волны с $\lambda = 1$ мм²⁰. В 1911 г. Неклепаев исследовал поглощение ультразвука в воздухе, обнаружил его аномальное поглощение, установил предельную длину звуковой волны, распространяющейся в воздухе. Используя предложенный Лебедевым метод, он измерил коэффициенты поглощения акустических волн в диапазоне 2,5—0,8 мм²¹. Полученные опытные данные выявили расхождение с существующей гидродинамической теорией Стокса — Кирхгофа. Проанализировав проблему поглощения ультразвука в воздухе, Лебедев пришел к выводу, что получению очень коротких акустических волн препятствует их поглощение газами, в которых они распространяются, в связи с вязкостью и теплопроводностью последних, и высказал предположение о возможном механизме поглощения и дисперсии ультразвука в газах. Эти фундаментальные исследования Лебедева и его учеников в области ультразвука привели к возникновению молекулярной ультраакустики, опередив лет на 20 соответствующие работы зарубежных авторов.

Другая серия исследований Лебедева с учениками относилась к электромагнитным колебаниям и являлась как бы продолжением его собственных работ 1893—1895 гг. в этой области. Так, В. И. Романов изучал абсорбцию электромагнитных волн²², Н. К. Щодро — незатухающие колебания²³, В. К. Аркадьев — магнитные свойства вещества в переменных полях высокой частоты²⁴, К. П. Яковлев сконструировал инфракрасный спектрограф, позволяющий автоматически фиксировать поглощение в различных лучах спектра²⁵, кроме того, А. К. Тимирязев провел исследования внутреннего трения в газах²⁶, П. П. Лазарев о скачке температуры на границе твердого тела и газа²⁷ и др.

К организации работ в лаборатории П. Н. Лебедев относился необычайно внимательно и с большой любовью, читая это делом своей жизни. «Его сферой была лаборатория, тесный кружок людей, связанных с ним одними научными интересами,— вспоминает Т. П. Кравец.— Здесь он любил беседовать подолгу — часами, и здесь его воодушевленные речи поражали богатством мысли и образов; эти образы, в которые он художественно облекал свои научные представления, были настойчиво просты, подчас антропоморфичны, а мысль постоянно изобиловала неожиданными сопоставлениями и парадоксами. И, наверное, долго будет жить среди учеников память о метких и образных выражениях учителя. Беседы в лаборатории — одно из наиболее сильных воспоминаний его учеников. И, без сомнения, это была одна из тех сил, которые привлекали людей к работе у него...» (13, с. 290).

Лаборатория работала по определенному плану и определенной программе, составленными им самим. Темы, прежде чем предлагались практикан там, многократно и всесторонне продумывались Лебедевым, в них всегда была определенная цель и ясно выработанный метод решения основного вопроса, не было простого экспериментирования в расчете на удачу, обду-

мывались им и все детали будущего исследования. Большинство тем, которые предлагались ученикам, были занесены Лебедевым в книгу-дневник задолго до их осуществления. Ежедневно он проводил обход рабочих комнат «подвала» и поочередно нередко подолгу беседовал с каждым работающим, причем не делая различия между студентом, впервые приступившим к исследованиям, и работником со стажем, требуя от каждого сознательного отчета о проделанной работе.

К. А. Тимирязев так отзывался о деятельности лаборатории в тот период: «...В «лебедевском подвале» ... бьется пульс настоящей, не школьной науки,— не той, которая только поминает заслуги прежних годов и веков, а той, в которой выражается жизнь сегодняшней науки — завтрашней техники. Здесь Лебедев находит время руководить работой 20—25 молодых исследователей, внося в их труд избыток своего творчества, своей изумительной изобретательности» (28, с. 64).

Воспитывая исследователей, П. Н. Лебедев использовал советы и методы своего учителя А. Кундта. «Петр Николаевич Лебедев,— пишет Н. А. Капцов,— учил руководимых им начинающих физиков «физических» работать, он помогал им освоить все тонкости экспериментального искусства, он учил их глубоко продумывать вопросы физики, учил излагать свои мысли на бумаге, учил плановости в работе, внушал им сознание обязательности научной работы для ученого. Он вдохновил многих из них на всю жизнь своим необыкновенным талантом и необыкновенным обаянием своей личности и направил их работу по определенному руслу в той или иной области физики» (см.¹, с. 411).

Как это удавалось Лебедеву, Н. А. Капцов описывает так: «Петр Николаевич, прежде всего, требовал, чтобы каждый из работавших в лаборатории строго продумывал весь план работы своей. Но этот план исследовательской работы должен был быть не застывшим и раз навсегда установленным, а деятельным и живым. Как только в ходе исследования выяснялись какие-либо новые данные, Петр Николаевич после короткого раздумья оживлялся и предлагал новое, не предусмотренное прежним планом направление работы. Ему тут же приходило в голову множество свежих мыслей. Он увлекался ими, рисовал перед молодым исследователем новые широкие горизонты, увлекал его своим энтузиазмом. В эти минуты, он может быть, больше, чем в любом другом случае, передавал своим ученикам крупицу столь ценного у него умения, выражаясь словами Кундта, «физически мыслить», посвящая их в тайны своего научного творчества» (1, с. 409).

Критика Лебедева, его указания работающим никогда не были абстрактны. Объясняя, как писать статью, он набрасывал ее план, эскизы чертежей и др. Он не позволял делать доклад на коллоквиуме или посыпать статью в печать, если считал их незавершенными, а статью к тому же литературно недоработанной. Лебедев пытался научить своих учеников писать коротко и ясно, заставляя их несколько раз переделывать тексты статей, пользоваться литературой. Придавая большое значение самообразованию, расширению кругозора, Лебедев говорил своим ученикам: «Читайте все, может быть, вы не сразу все будете понимать, но пройдет время, и вы усвоите то, что надо для вашей работы. Не стремитесь много бывать в лаборатории — больше читайте, думайте и проектируйте: составляйте проекты новых опытов и исследований» (1, с. 95).

Применяя к каждому индивидуальный подход, Лебедев вовлекал своих учеников в круг своих идей. «... Своей неусыпной, резкой, упорной пропагандой он добился того,— писал Т. П. Кравец,— что вокруг него постепенно стал формироваться небольшой круг молодежи, которая мыслила так же, как он, ставила себе те же задачи и боролась за те же условия, что и ее учитель» (10, с. 318).

В результате на базе физической лаборатории окончательно оформилась его школа экспериментальной физики, начало которой было им положено

еще в 1893 г. «Сам великий ученый и исследователь, он хотел исследовать все подробности явлений, которые занимали его, он хотел видеть эти явления приложенными к практике и он собирал вокруг себя учеников, которым щедро раздавал свои идеи,— писал В. Д. Зернов.— Он сумел всколыхнуть в нас то, что было в нас, может быть, глубоко заложено, он умел во всяком случае привить нам любовь к науке и энтузиазм, которого хватает нам на всю жизнь, который и мы, по мере наших сил и способностей, передаем нашим ученикам» (1², с. 143). Еще в 1893 г. П. Н. Лебедев писал в дневнике: «Обилие мыслей и проектов не дает мне спокойного времени для работы» (2, с. 418). И, естественно, что он старался передать их своим ученикам.

Лебедевская школа была первой отечественной физической школой, в том смысле, который сегодня вкладывается в это понятие, со своим стилем, для которого характерны четкость в постановке задачи, высокая требовательность к технике эксперимента, глубокая научная принципиальность, со своей тематикой и программой, коллектиivistским духом, истинно научной атмосферой. Расцвет ее приходится на 1911 г. Однако в этот год П. Н. Лебедев в результате реакционных действий царского министра просвещения Кассо вынужден был вместе с передовой профессурой покинуть Московский университет. Он очень болезненно переживал свой уход, ведь оставление университета, лаборатории, созданной им с таким трудом, означало конец всех его планов и вообще его научной работы.

Уход П. Н. Лебедева из университета еще раз наиболее ярко продемонстрировал его высокую гражданскую позицию, ведь уход был актом огромного мужества, и в то же время больших нравственных мучений, естественным проявлением последовательности его характера и решительной солидарности с коллегами по профессии.

В мартовском номере «Русских ведомостей» в заметке «Письмо в редакцию» ученики Лебедева попытались привлечь внимание общественности к первой русской физической школе, к ее роли в развитии отечественной науки. «За короткое время, в течение которого он занимает в Москве самостоятельное положение,— писали они о Лебедеве,— он успел создать вокруг себя обширную научную школу. Его лаборатория превосходит едва ли не все существующие в мире по количеству ведущих в ней научных работ, что находится далеко не в соответствии с ее небольшими размерами и отпускаемыми на нее скромными средствами. В последнее время в ней велось до 30-ти научных работ, объединенных общей программой. Некоторые вопросы физики именно в московской школе, совместными трудами ее представителей, получили свое полное и исчерпывающее разрешение.

Плоды этой деятельности налицо: за короткое время существования лаборатории из нее вышло 5 докторских и магистерских диссертаций, свыше трех десятков других научных исследований. Ее питомцами уже замещены две университетские кафедры. Она же дала несколько десятков лаборантов, ассистентов, приват-доцентов и преподавателей высших учебных заведений как в Москве, так и в других университетских центрах» ²⁹.

В крайне тяжелых условиях на частные средства при Московском городском университете им. А. Шанявского была организована новая физическая лаборатория в подвальных помещениях жилого дома в Мертвом переулке (теперь переулок им. Островского), куда и перешел Лебедев со своими учениками, сохранив тем самым сформированную им научную школу. Здесь же он выполнил свою последнюю работу по магнетизму врачающихся тел. Возродил Лебедев и свои знаменитые коллоквиумы в форме Московского физического общества, тем самым значительно расширив их рамки. Однако наследственная болезнь сердца, огромное перенапряжение, наконец, переживания последнего времени сделали свое дело — 1 марта 1912 г. Лебедева не стало.

В связи с кончиной П. Н. Лебедева Х.-А. Лоренц в письме В. А. Лебедевой от 1 мая 1912 г. написал: «Я считал его одним из первых и лучших

физиков нашего времени и восхищался тем, как он в последний год при неблагоприятных условиях сумел поддержать в целости основанную им Московскую школу и нашел возможность продолжать общую работу ... Пусть дух его живет в его учениках и сотрудниках по работе, и пусть посевенные им семена принесут богатый плод!»⁽⁶⁾, с. 606).

А семена были брошены в благодатную почву и дали богатые всходы. Созданная Лебедевым школа продолжала существовать, руководимая П. П. Лазаревым. Был исполнен и еще один завет Лебедева, который настойчиво убеждал своих учеников всегда продолжать дело привлечения к науке творческой молодежи. Незадолго до смерти Лебедева к его школе примкнули С. И. Вавилов, С. Н. Ржевкин, Т. К. Молодый и др., которые хотя и не имели постоянного общения с Лебедевым, но успели почти непосредственно воспринять от своих старших товарищей традиции школы и ее стиль.

В школе, кроме вышеупомянутых, учениками Лебедева получен ряд фундаментальных результатов, значительно углублены и расширены лебедевские научные направления и созданы новые: Из школы Лебедева вышло два академика и три члена-корреспондента Академии наук СССР, более 10 докторов наук и профессоров, а П. П. Лазарев, Н. Н. Андреев, В. К. Аркадьев, Н. А. Капцов и Т. П. Кравец стали основателями собственных научных школ.

Лебедевская школа уже дала несколько поколений ученых — и в этом ее жизненная сила. И если сегодня в нашей стране создан сплошной фронт физической науки с широким тематическим диапазоном и действуют многочисленные физические школы, то в какой-то мере истоки этих достижений ведут и к П. Н. Лебедеву — большому ученому и учителю, гражданину и патриоту, «мысли и начинания которого,— как писал С. И. Вавилов,— полностью могли осуществиться только в Советской России»⁽³⁰⁾, с. 248). И не случайно в знак глубокого уважения к памяти великого физика России его имя присвоено Физическому институту АН СССР, а Президиумом Академии наук СССР учреждена премия им. П. Н. Лебедева, присуждаемая советским ученым за выдающиеся работы в области физики. И в год его 120-летнего юбилея советские физики отдают ему дань безмерной благодарности, чтут светлую память человека, прославившего своими трудами отечественную науку и внесшего огромный вклад в дело воспитания творческой молодежи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев П. Н. Собрание сочинений.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.
2. Лазарев П. П. К двадцатипятилетию со дня смерти П. Н. Лебедева//УФН. 1937. Т. 17. С. 405.
3. Лебедев П. Н. Собрание сочинений.— М., 1943.
4. Аркадьев В. К. Выдающийся русский физик//Природа. 1952. № 4. С. 93.
5. Петр Николаевич Лебедев: Библиографический указатель.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950.
6. Научное наследство. Т. 1.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948.
7. Лейберг П. Б. Опытные исследования затухания акустических резонаторов//ЖРФХО. Ч. физ. 1896. Т. 18. С. 93.
8. Колли А. Р. Исследование дисперсии в электрическом спектре воды//ЖРФХО. Ч. физ. 1907. Т. 39. С. 210.
9. Капцов Н. А. Воспоминания о Петре Николаевиче Лебедеве//УФН. 1952. Т. 46. С. 325.
10. Кравец Т. П. П. Н. Лебедев и световое давление//Ibidem. С. 306.
11. Вавилов С. И. Памяти П. Н. Лебедева//Природа. 1937. № 5. С. 94.
12. Зернов В. Д. Петр Николаевич Лебедев//Уч. зап. МГУ. Юбил. сер. 1940. Вып. 52. Физика. С. 125.
13. Кравец Т. П. П. Н. Лебедев и созданная им физическая школа//Природа. 1913. № 3. С. 284.
14. Альтберг В. Я. О давлении звуковых волн и об абсолютном измерении силы звука//ЖРФХО. Ч. физ. 1903. Т. 35. С. 459.

15. Капцов Н. А. О давлении волн, распространяющихся по поверхности жидкости//ЖРФХО. Ч. физ. 1905. Т. 37. С. 187.
16. Зернов В. Д. Сравнение методов абсолютного измерения звука//ЖРФХО. Ч. физ. 1906. Т. 38. С. 410.
17. Лазарев П. П. Воспоминания о П. Н. Лебедеве//УФН. 1962. Т. 77. С. 571.
18. Кравец Т. П. Памяти П. Н. Лебедева//Природа. 1937. № 5. С. 97.
19. Отчет о состоянии и действиях императорского Московского университета за 1910. г.—М., 1911.
20. Альтберг В. Я. О коротких акустических волнах при искровых разрядах конденсатора//ЖРФХО. Ч. физ. 1907. Т. 39. С. 53.
21. Неклапаев Н. П. Исследование поглощения коротких акустических волн в воздухе//ЖРФХО. Ч. физ. 1911. Т. 43. С. 101.
22. Романов В. И. Исследование избирательного поглощения электромагнитных волн//ЖРФХО. Ч. физ. 1912. Т. 44. С. 377.
23. Шодро Н. К. Зеркальные опыты Герца с дугою Дудделя//ЖРФХО. Ч. физ. 1908. Т. 40. С. 303.
24. Аркадьев В. К. Ферромагнитные свойства металлов как функция длины волн//ЖРФХО. Ч. физ. 1913. Т. 45. С. 103.
25. Яковлев К. П. Поглощение инфракрасных волн некоторыми соединениями//ЖРФХО. Физ. отд. 1916. Т. 47. С. 566.
26. Тимирязев А. К. О внутреннем трении в разреженных газах и о связи скольжения с явлением температурных скачков на границе твердого тела и газа//Временник. 1914. №. 5. Прилож. С. 1.
27. Лазарев П. П. О скачке температуры при теплопроводности на границе твердого тела и газа//ЖРФХО. Ч. физ. 1911. Т. 43. С. 69.
28. Тимирязев К. А. Наука и демократия.— М.: Соцэкиз, 1963.
29. Русские ведомости. 1911. 4 марта, № 51.
30. Вавилов С. И. Петр Николаевич Лебедев//Собр. соч. Т. 3.— М.: Изд-во АН СССР, 1956.