

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 талантливейшей 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 сами двигают 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 немислима 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 доложена 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 лучеиспусканием как для Солнца, так и для всякого шаровидного 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 пренебрегать 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 обуславливается 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 излучения 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» (1, с. 222). Этот лебедевский предел волны был перекрыт 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 (1, 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. Тепловое лучеиспускание ... 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» (1, 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. Теоретически 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, достигаемый 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 опытах (¹, с. 184—185) (результаты предварительных опытов Лебедев доложил 17 мая 1899 г. на заседании общества естествоиспытателей в Лозанне (¹, 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) наблюдаемые 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 извлечениях» (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 прodelывал 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 недостижимого экспериментального искусства. Никто не пытался ее повторить. Сделав ее, П. Н. мог считать, что он одну за другой поставил и разрешил все задачи, группирующиеся вокруг предсказанного Максвеллом светового давления» (¹⁰, с. 313).

Ученик А. Кундта 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 клали, на их глазах, по указанию зодчего, складывались в прекрасное здание, которое уже вырисовывалось своими строгими и классическими линиями» ⁽¹³⁾, с. 288).

Исходя из аналогий 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 волнами ¹⁴, а в 1902 г. Н. А. Капцов — давление от волн, распространяющихся по поверхности воды ¹⁵. Позднее В. Д. Зернов построил прибор для определения силы звука в абсолютных единицах, основанный на использовании метода звукового давления Альтберга ¹⁶.

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 поидеромоторных 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 облакал 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 практикантам, 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 «физически» 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 посылать 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 понемногу 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, коллективистским 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 вращающихся 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 посеянные 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. Молодой 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., 1913.
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. Неклепаев 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. Щодро 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 волны//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.: Соцэкгиз, 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.