



# Он измерил давление света



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nikolai D. GRIGORIEV

**He Measured Light Pressure**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of  
the article – p. 247)

**В историю науки Пётр Лебедев вошел как экспериментатор-физик, первым исследовавший миллиметровые электромагнитные волны, измеривший давление света на твердые тела и разреженные газы, и как организатор коллективной научной работы и больших исследовательских лабораторий, явившихся образцом для современных научных институтов. Для истории МИИТ он значим еще и тем, что стал первым заведующим кафедрой физики, и произошло это в год образования вуза – ровно 120 лет назад.**

*Ключевые слова:* история науки, Пётр Лебедев, давление света, миллиметровые электромагнитные волны, научная школа.

*Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

**У**ченый-физик, член-корреспондент Российской Академии наук, профессор, создатель первой русской научной школы физиков Петр Николаевич Лебедев родился 8 марта (24 февраля по старому стилю) 1866 года в Москве в купеческой семье.

Поначалу грамоте обучался дома. Потом десятилетнего мальчика отдали в коммерческое отделение немецкого Евангелического церковного училища Петра и Павла. После общения с офицером-электротехником А. Н. Бекневым он, увлекшись физикой и электричеством, перешел в реальное училище. Здесь по сравнению с коммерческим отделением учащиеся получали больший объем знаний по математике, физике и биологии. Учебный план включал также изучение химии, черчения, немецкого и французского языков. Кроме того, юноша был допущен в физический кабинет, чтобы помогать учителю, содержать в порядке приборы и готовить их к демонстрациям на уроках. После окончания реального училища ему несколько месяцев довелось поработать на заводе в качестве техника.

## ПОЧЕМУ КОМЕТЫ КРУТЯТ ХВОСТОМ

Было желание получить вузовский диплом, но в Московский университет принимали только с аттестатом классической гимназии и знанием латинского и греческого языков, поэтому Лебедев в 1884 году поступил в Императорское Московское техническое училище (ныне Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана). Там пришлось овладеть, помимо прочего, слесарным, столярным и токарным мастерством. Этим ремеслам впоследствии он сам обучал своих сотрудников при изготовлении различных физических приборов.

В 1887 году, не окончив училище, по совету профессора В. С. Щегляева студент направился в Германию в Страсбургский университет (ныне во Франции), чтобы изучать физику в лаборатории немецкого экспериментатора А. Кундта, который вскоре стал заведующим кафедрой Берлинского университета. Лебедев вслед за ним также переехал туда и кроме занятий у Кундта слушал теоретические лекции Г. Гельмгольца. Так как в столичном университете опять же требовались знания латинского и греческого языков, то в 1890 году он возвратился в Страсбург. Трудился в лаборатории Ф. Кольрауша, где в 1891 году представил экспериментальную диссертационную работу «Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссотти-Клаузиуса», сдал экзамены на ученую степень и получил статус доктора философии Страсбургского университета.

Одновременно с написанием докторской диссертации Лебедев в 1890 году заинтересовался теорией кометных хвостов. Еще в начале новой эры римский философ Л. А. Сенека знал, что кометные хвосты отклоняются от Солнца. Немецкий астроном И. Кеплер, английский физик И. Ньютон и другие ученые предполагали, что причиной этого отклонения может быть механическое давление света. В конце XVIII века физик и астроном А. Харатсакер указывал, что, по мнению путешественников, солнечные лучи своим давлением замедляют движение вод Дуная. Английский физик Д. К. Максвелл на основании своей электромагнитной теории света вычислил

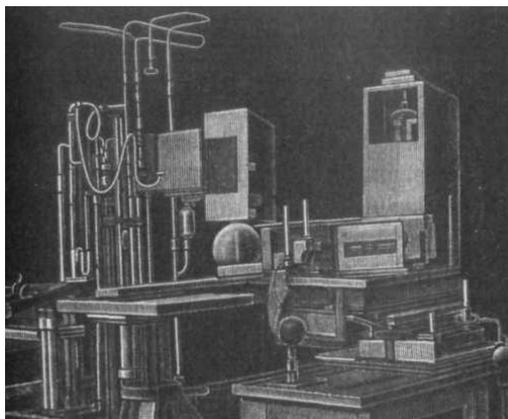


теоретическое значение давления света, равное при его падении на поглощающую поверхность частному от деления энергии света, приходящей в секунду, на скорость света. Для солнечного света, падающего на земную поверхность, это давление составляет приблизительно  $5 \times 10^{-8}$  г/см<sup>2</sup>.

Проблемой светового давления, насчитывавшей три века и остававшейся неразрешенной, Лебедев занялся серьезно и надолго. В 1891 году появилась его заметка «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел», в которой, основываясь на известных данных о лучеиспускании Солнца, он впервые физически обоснованно доказал, что в случае очень малых частиц отталкивательная сила светового давления должна превосходить гравитационное притяжение, поэтому отклонение кометных хвостов, действительно, может объясняться давлением света.

Тогда же Лебедев возвратился в Москву и стал внештатным лаборантом, а в 1892 году получил место ассистента в руководимой профессором А. Г. Столетовым лаборатории физики Московского университета. В 1895 году он создал установку для генерирования и приема электромагнитного излучения с длиной волны 6 и 4 мм (в опытах немецкого физика Г. Герца они были 0,5 м), с помощью которой впервые установил их отражение, преломление, поляризацию, интерференцию, двойное лучепреломление и другие явления, при-





сущие световым волнам. Его приборы были миниатюрными. Генератор электромагнитных волн состоял из двух платиновых цилиндров по 1,3 мм длиной и 0,5 мм в диаметре, зеркала имели высоту 20 мм, эбонитовая призма для исследования преломления электромагнитных волн была высотой 18 мм, шириной 12 мм и весила около 2 г (призма Герца для этих же целей имела вес 600 кг).

#### ПРИГРЕЛ МЕСТО ДЛЯ ШУРИНА

В 1896 году Лебедев был приглашен на должность руководителя кафедры физики в открывавшееся тогда Императорское Московское инженерное училище (ныне Московский государственный университет путей сообщения). Его деятельность в качестве основателя и первого заведующего кафедрой физики МИИТ в энциклопедиях и других изданиях (см. список литературы к статье) не упоминается, но по времени она совпала с завершающим этапом подготовки магистерской диссертации «Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы». Поскольку экспериментальная часть работы имела очень высокое качество, являлась образцом тщательности и остроумия в сочетании со смелыми научными решениями, то за нее Петру Николаевичу в Московском университете была присуждена сразу, без предварительной защиты магистерской диссертации, степень доктора физико-математических наук.

Первая часть диссертации была посвящена экспериментальному изучению взаимодействий электромагнитных резонаторов, вторая — гидродинамическим резонаторам (колеблющиеся шарики в жидко-

сти), третья — акустическим. На опыте в согласии с теорией им обнаружена тождественность давления волн на моделях во всех трех случаях. Главный вывод исследования пондеромоторного действия волнообразного движения, сопровождающегося сообщением импульса или момента количества движения, заключался в принципиальной возможности распространять найденные общие закономерности на область светового и теплового испускания отдельных молекул тел и вычислять получающиеся при этом межмолекулярные силы и их величину.

В 1897 году Лебедев, уступив место на кафедре Императорского училища другу детства и шурина (брату жены) А. А. Эйхенвальду, перешел в Московский университет, где в 1900 году стал профессором физики и позднее в ходе опытов обнаружил, а потом и измерил давление света на твердое тело, подтвердив теоретическое предсказание Максвелла.

В его приборе свет от вольтовой электрической дуги падал на легкое крылышко, подвешенное на тонкой нити в стеклянном баллоне, из которого был выкачан воздух. Вакуум достигался подогревом капли ртути, находящейся в сосуде. Пары ртути вытесняли воздух, откачиваемый насосом. После снижения температуры давление оставшихся в баллоне ртутных паров уменьшалось. Так достигался наивысший в то время вакуум. Этот прием, примененный впоследствии в насосах, носит имя американского физика И. Ленгмюра.

По закручиванию нити определялось световое давление. Это были крутильные весы наибольшей для тех лет точности. Крылышко состояло из двух пар тонких платиновых кружочков различной толщины: 0,1 и 0,01 мм, что приводило к быстрому выравниванию температуры. Один из кружочков каждой пары был блестящим с обеих сторон, у двух других одна сторона покрывалась платиновой чернью. Для того чтобы исключить движение (конвекцию) газа, возникающую при различии температур крылышка, поглощающего свет, и стеклянного баллона, свет направлялся то на одну, то на другую стороны крылышка. В обоих случаях конвекция была одинакова и разница получаемых отклонений не зависела от движения газа. Радиометри-

ческое действие (молекулы газа отбрасываются с большими скоростями от освещенной стороны диска, чем от теневой, и вызывают дополнительную отдачу, в несколько раз превосходящую световое давление) ослаблялось увеличением объема баллона и уменьшением давления. Радиометрические силы учитывались сравнением результатов при падении света на толстый и тонкий зачерненные кружки.

О своих опытах Лебедев рассказал в 1900 году в Париже на Всемирном конгрессе физиков. На следующий год в немецком журнале «Анналы физики» была напечатана его статья «Опытное исследование светового давления». Работы ученого по измерению давления света на твердое тело принесли ему мировую славу и вписали его имя в историю экспериментальной физики. В России за эти опыты он получил премию Академии наук и был избран в члены-корреспонденты. Доказательство существования светового давления имело философское и мировоззренческое значение. Из факта существования давления электромагнитных волн, помимо прочего, следовал вывод о том, что они обладают механическим импульсом, а значит, и массой, то есть они материальны и материя существует не только в форме вещества, но и электромагнитного поля.

## КОСМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ СВЕТА

В 1902 году ученый выступил на съезде немецкого астрономического общества с докладом о космической роли светового давления, указав, что действие света на молекулу зависит от ее избирательного поглощения: для лучей, поглощаемых газом, давление обусловлено законом Максвелла, а лучи, не поглощаемые газом, действие на него не оказывают. Тогда же им опубликована статья «Термоэлементы в пустоте как прибор для измерения лучистой энергии». Принцип термоэлемента в вакууме сейчас успешно применяется в военной технике.

В 1907 году Лебедев измерил давление света на разреженные газы, что имело прежде всего значение при оценке космических явлений. В его миниатюрном приборе газ под давлением поглощаемого света получал вращательное движение, передающееся маленькому поршню, а отклоне-

ние измерялось смещением зеркального светового «зайчика». Конвекция газа в приборе была преодолена подмешиванием водорода, который является хорошим проводником тепла и быстро выравнивает неоднородности температуры в сосуде. Для избавления от радиометрического эффекта использована камера с двумя каналами. В 1909 году ученый делает сообщение о полученных результатах. Спустя год они опубликованы в «Анналах физики». За эти опыты по измерению светового давления на газы Британский Королевский институт избрал Лебедева своим почетным членом.

Лебедев стал в России родоначальником большой коллективной исследовательской работы. Он организовал в Московском университете физическую лабораторию с относительно большим числом сотрудников. Если в 1901 году у него работало трое, то в 1910-м число сотрудников достигло 28. Им в 1911 году в газетной статье «Русское общество и русские национальные лаборатории», опубликованной в «Русских ведомостях», обосновывается польза и необходимость создания крупных исследовательских лабораторий. Это была, по сути, первая в стране декларация системы организации науки.

В год выхода статьи в знак протеста против реакционных действий министра просвещения Л. А. Кассо, связанных с притеснением студенчества и ограничением университетской автономии, Петр Николаевич, как и многие другие профессора Московского университета, по личным мотивам подал в отставку. Вместе с ним из вуза ушли сотрудники его лаборатории. Он тут же получил приглашения от зарубежных научных учреждений, но остался на Родине.

В тяжелых условиях на частные средства, выделенные Обществом опытных наук и их практических применений имени Х. С. Леденцова, была организована новая физическая лаборатория в подвальных помещениях городского Народного университета имени либерального деятеля образования А. Л. Шанявского. Здесь им в связи с открытием в 1908 году американским астрономом Д. Э. Хейлом магнитного поля солнечных пятен была начата, но не завершена последняя его экспериментальная работа по проверке гипотезы ан-





глийского физика Сезерленда относительно перераспределения зарядов в проводниках под действием гравитации.

По этой гипотезе в планетах и звездах происходит «выдавливание» электронов из внутренних областей, где давления велики, на поверхность, из-за чего внутренние области заряжаются положительно, а поверхность тел — отрицательно. Вращение тел вместе с перераспределенными в них электрическими зарядами должно породить магнитные поля. Лебедев выдвинул идею: если гипотеза Сезерленда верна, то при быстром вращении электрически нейтральных тел центробежные силы, как и гравитационные, вызовут перераспределение зарядов и должно возникнуть магнитное поле. Искомое эффекта обнаружить не удалось, как теперь ясно из-за недостаточной чувствительности установки. Причина заключалась не в отсутствии эффекта, а в оценке его для магнитных полей, которые оказались значительно завышенными.

Частными пожертвованиями в конце концов были собраны средства для постройки физического института по плану, составленному ученым. Увы, здание построили в 1916 году — спустя четыре года после смерти автора проекта. В этом здании в наше время помещается Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской Академии наук.

\* \* \*

Ученый страдал болезнью сердца. Переезжая по поводу ухода в отставку

окончательно подорвали его здоровье. Умер Петр Николаевич 14 марта (1 марта по старому стилю) 1912 года в возрасте 46 лет. Он был похоронен в Москве на Алексеевском кладбище. В 1935 году в связи с его ликвидацией прах Лебедева перенесли на кладбище Новодевичьего монастыря.

В 1969 году учреждена Золотая медаль имени П. Н. Лебедева, которая присуждается Российской Академией наук (до 1991 г. — Академией наук СССР) за выдающиеся работы в области физики. Этим своим шагом научная общественность подтвердила прежде всего авторитет и значимость самого прародителя награды, а вместе с тем преемственность и прочность традиций отечественной физической школы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев П. Н. Избранные сочинения / Под ред. А. К. Тимирязева. — М. — Л.: Гос. изд. технической и теоретической литературы, 1949. — 244 с.
2. Лебедев П. Н. Собрание сочинений / Под ред. Т. П. Кравца. — М.: Изд. АН СССР, 1963. — 435 с.
3. Лебедев П. Н. Давление света / Под ред. П. П. Лазарева и Т. П. Кравца. — М.: Гос. изд., 1922. — 91 с.
4. Вавилов С. И. Петр Николаевич Лебедев // Люди русской науки. Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники. — Т. 1 / Под ред. С. И. Вавилова. — М. — Л.: Гос. изд-во технической литературы, 1948. — С. 241–249.
5. Сердюков А. Р. Петр Николаевич Лебедев. 1866–1912. — М.: Наука, 1978. — 327 с.
6. Лазарев П. П. К 25-летию со дня смерти П. Н. Лебедева // Успехи физических наук. — Т. XVII. Вып. 4. — 1937. — С. 404–420.
7. Дуков В. М. Петр Николаевич Лебедев, его жизнь и деятельность. 1866–1912 / Под ред. А. К. Тимирязева. — М. — Л.: Гостехиздат, 1951. — 112 с.
8. Дуков В. М. П. Н. Лебедев. — М.: Учпедгиз, 1956. — 120 с.
9. Лукомская А. М. Петр Николаевич Лебедев. — М. — Л.: Гостехиздат, 1950. — 185 с.
10. Веселовский О. Н., Шнейберг Я. А. Очерки по истории электротехники. — М.: Изд-во МЭИ, 2004. — 252 с.
11. Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики. — Том II: Электричество и магнетизм. — М.: Наука, 1972. — 368 с.
12. Элементарный учебник физики / Под ред. Г. С. Ландсберга. — Том III: Колебания, волны. Оптика. Строение атома. — М.: Наука, 1973. — 640 с.
13. Большая Советская энциклопедия. — Т. 24. — М.: БСЭ, 1953. — С. 380–381.
14. Большая Советская энциклопедия. — Т. 14. — М.: Советская энциклопедия, 1973. — С. 228.
15. Новая Российская энциклопедия. — Т. IX (2). — М.: Энциклопедия, 2013. — С. 160. ●

Координаты автора: **Григорьев Н. Д.** — +7 (495) 684-21-19.

Статья поступила в редакцию 20.05.2015, принята к публикации 07.10.2015.