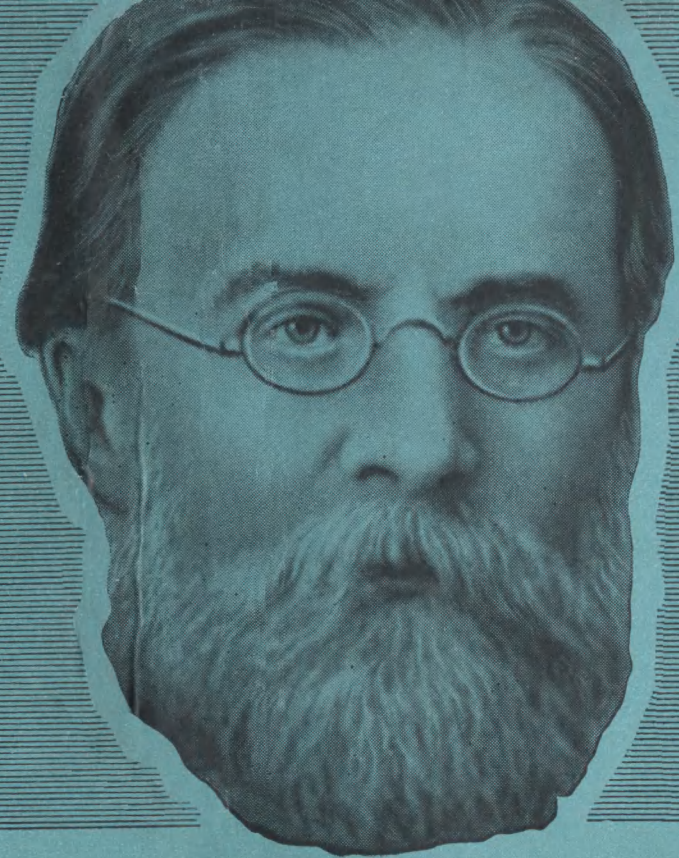


ЦЕНА 18 КОП.



ПРОСВЕЩЕНИЕ . 1966

В этой книге рассказывается о жизни и деятельности замечательного русского физика Александра Григорьевича Столетова. Столетов вошел в историю физики в России не только как выдающийся ученый, труды которого сделали его имя известным в мировой науке, но и как основатель первой отечественной школы физиков. Ученики Столетова работали во многих высших учебных заведениях России, продолжая научные традиции своего учителя. Столетов был признанным руководителем русских физиков и достойно представлял отечественную науку за рубежом.

В книге рассказывается также о передовых материалистических взглядах Столетова и о его борьбе за честь и процветание русской науки.

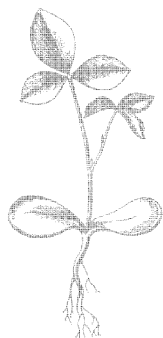
А. Г. СТОЛЕТОВ



*Г. М. ТЕПЛЯКОВ,
П. С. КУДРЯВЦЕВ*

*Александр Григорьевич
СТОЛЕТОВ*

*ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
МОСКВА 1966*



Scan AAW

$$\frac{6-6}{177-66}$$

Введение

Более 125 лет прошло со дня рождения замечательного русского ученого Александра Григорьевича Столетова. Эти годы были насыщены событиями огромного исторического значения. А. Г. Столетов учился еще при крепостном праве, его научная деятельность началась в знаменитые шестидесятые годы — годы Маркса и Дарвина, Максвелла и Кельвина, Гельмгольца и Кирхгофа, Сеченова и Чернышевского. Он был современником Парижской коммуны и организованного В. И. Лениным «Союза борьбы за освобождение рабочего класса». При его жизни было сделано много замечательных научных открытий. Поэтому изучение жизни и деятельности А. Г. Столетова представляет не только специальный интерес, но и позволяет проследить истоки современной физики в той мере, в какой они были связаны с работой А. Г. Столетова.

Значение А. Г. Столетова в истории отечественной физики далеко не исчерпывается его собственными трудами, он по существу был основателем и организатором всей русской внеакадемической физики, т. е. почти всей физики в России второй половины XIX столетия. Столетов представлял эту физику за рубежом и связал ее прочными узлами с европейской и мировой наукой. Его собственная на-

учная деятельность протекала в сфере передовых направлений тогдашней физики, тех направлений, из которых в дальнейшем выросла новая революционная физика. Максвелловская электродинамика и фотоэффект, а вместе с последним и более широкая область физики газового разряда глубоко интересовали А. Г. Столетова, и он не только сам занимался этими областями физического исследования, но и нацеливал на их изучение своих учеников и последователей.

За два дня до своей смерти он оживленно беседовал с П. Н. Лебедевым о физике газового разряда. «Прощаясь со мной, — вспоминал П. Н. Лебедев, — он слабо пожал мне руку и чуть слышно добавил: «Советую заняться этими вопросами, они очень интересны и важны».

Если мы вспомним, какую роль сыграла физика газового разряда в становлении электроники и ядерной физики, какую роль она играет в современной физике (например, физика плазмы), то станет ясным, как глубоко понимал А. Г. Столетов перспективные направления физики.

Все это показывает, что, изучая творчество А. Г. Столетова, мы можем глубже понять характер физической науки периода завершения классической физики, в канун великих научных открытий.

Перед зданием физического факультета МГУ на Ленинских горах в молчаливом покое застыли бронзовые фигуры двух великих русских физиков А. Г. Столетова и П. Н. Лебедева. Они как бы символизируют неразрывную связь между классической физикой и физикой сегодняшнего дня, фундамент которой закладывали и наши русские ученые А. Г. Столетов и П. Н. Лебедев.

ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ

Александр Григорьевич Столетов родился во Владимире 29 июня (ст. стиля) 1839 г. в семье небогатого купца Григория Михайловича Столетова, владельца бакалейной лавки и кожевенной мастерской. Столетовы происходили из старинного новгородского купеческого рода, высланного при Иване III за неповиновение. Может быть, эти родовые черты новгородских «крамольников» отразились и в характере А. Г. Столетова. Его принципиальность, неуступчивость, то, что его враги называли «невозможным характером», в какой-то мере напоминают гордых новгородцев.

Значительную роль в формировании духовного облика А. Г. Столетова сыграла семья. В доме Столетовых большое внимание уделялось воспитанию и учебе детей, привитию любви к труду и людям труда, уважения к науке и просвещению. Сильное влияние на детей оказывала Александра Васильевна Столетова, женщина умная, грамотная и начитанная. Она была их первым учителем русского языка.

Александр Григорьевич научился читать в пятилетнем возрасте и сразу же пристрастился к чтению. Другой его страстью являлась музыка, которой он учился самостоятельно, тайком от взрослых. Музыка и в дальнейшем остава-

лась почти единственным развлечением Александра Григорьевича в свободное от учебной и научной работы время.

Большое влияние на Александра Григорьевича оказал брат Николай, будущий генерал, герой освобождения Болгарии от турецкого ига. Замечательные способности к языкам позволили А. Г. Столетову уже в гимназические годы свободно овладеть французским, немецким и английским языками.

Позднее, часто бывая за границей, Александр Григорьевич свободно разговаривал с французами на французском, с немцами — на немецком, с англичанами — на отличном английском языке.

Десяти лет А. Г. Столетов поступил во Владимирскую гимназию. По рассказам родственников известно, что учителем математики и физики в гимназии был Бодров, человек, по-видимому, талантливый и влюбленный в свое дело. Эту любовь к предмету, особенно к физическим опытам, он умел привить и своим ученикам. Александр Григорьевич с увлечением воспроизводил опыты по физике в домашних условиях. Большое количество книг по физике, прочитанных в гимназии, умелая рука школьного наставника вводили мальчика в богатый мир неизведанного и в значительной степени предопределили дальнейший жизненный путь А. Г. Столетова, путь физика-педагога и ученого.

Еще большее влияние на учащихся оказывал учитель истории и географии А. Н. Шемякин, о котором Александр Григорьевич сохранил самые теплые воспоминания.

Очень близким А. Г. Столетову человеком, привившим ему любовь к природе и родному краю, был живший у них на квартире учитель местного духовного училища Иван Григорьевич Соколов. Вместе с ним А. Г. Столетов совершал длительные экскурсии по городу, знакомясь с богатой историей города и старинными памятниками русского зодчества.

К числу многих увлечений этих лет относится и страсть к литературному творчеству. В 1852 г., обучаясь в пятом классе гимназии, он вместе со своими товарищами организует выпуск рукописного учебно-литературного журнала, где помещает стихи, прозу, переводы небольших французских рассказов. В этих литературных упражнениях закладываются основы литературной речи А. Г. Столетова, славившегося позднее подлинно художественным изложением научных идей.

Последние годы пребывания А. Г. Столетова в гимназии совпадают с годами Крымской войны и героической обороной Севастополя русской армией. Семья в эти годы жила сообщениями от брата Николая, закончившего университет и добровольно определившегося рядовым в одну из легких батарей осажденного Севастополя.

УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ГОДЫ

В 1856 г. А. Г. Столетов поступил на I курс физико-математического факультета Московского университета. Время учебы А. Г. Столетова в Московском университете совпало с годами широкого общественного движения интеллигенции и студенчества России, требовавших радикальных социально-политических изменений. Поражение в Крымской войне, рост крестьянского движения поставили на очередь вопрос об отмене крепостного права.

Царское правительство, напуганное ростом революционного движения, значительно изменило политику и в области просвещения. В университеты получили доступ люди низших сословий, пользующиеся материальной поддержкой государства, так называемые казеннокоштные студенты. Большой доступ в университеты разночинной молодежи способствовал дальнейшему росту студенческого движения, либерализации университетского преподава-

ния. Одним из стипендиатов университета стал и А. Г. Столетов, получивший место в студенческом общежитии и влившийся в коллектив молодежи, жадной до всего нового и передового.

Большие изменения происходили в эти годы и в университетском образовании. На смену ряда реакционных профессоров николаевских времен, лекции которых бойкотировались студентами, пришли в университет профессора, которым не чужды были думы молодежи.

Физику и физическую географию читал в те годы в Московском университете М. Ф. Спасский (1809—1859). М. Ф. Спасский был ученым широко известным своими работами по метеорологии и климатологии. Идеи, сформулированные им в этой области, далеко опередили науку его времени. Он был сторонником непрямого внедрения научных достижений в практику и многое сделал в этом направлении. Вопросы собственно физические занимали меньшее место в его научной деятельности, хотя и им он посвятил много популярных статей. Но популяризаторская деятельность М. Ф. Спасского не ограничивалась только этим. Он был членом Московского общества испытателей природы. Его публичные лекции пользовались неизменным успехом широких кругов слушателей.

М. Ф. Спасский был убежденным и страстным последователем передовых материалистических идей М. В. Ломоносова и многое сделал для того, чтобы имя М. В. Ломоносова-естествоиспытателя не было забыто на родине.

Лекции М. Ф. Спасского по физике, сопровождаемые демонстрацией опытов, были богаты историческим материалом и пользовались неизменным успехом у студентов. В них он умело ставил перед слушателями теоретические проблемы, ждущие своих исследователей.

Хотя, как писал ученик А. Г. Столетова А. П. Соколов, влияние М. Ф. Спасского на Столетова было невелико,

А. Г. Столетов, безусловно, явился одним из самых ярких продолжателей научных и особенно популяризаторских традиций М. Ф. Спасского.

Преемником М. Ф. Спасского на кафедре физики был Н. А. Любимов (1830—1898). Н. А. Любимов стремился поставить преподавание физики на уровень современной ему науки. Н. А. Любимов был ревностным пропагандистом закона сохранения и превращения энергии. Он читал лекции об этом законе не только студентам, но и широкой публике, тщательно обставляя изложение яркими демонстрациями. «Многознаменательный, основной закон претворения теплоты в движение и движения в теплоту,—писал один из слушателей публичных лекций Н. А. Любимова, — о чем в публике бродит лишь нечто в роде мистического сказания, был представлен так осязательно, что уже, кажется, ни в ком по сей части не могло остаться ни малейшего недоразумения». Н. А. Любимов при этом излагал не только первое, но и второе начало термодинамики, и тот же слушатель писал: «Глубокое, можно сказать, поэтическое впечатление произвел на слушателей неоспоримый вывод, что существование земного шара и всей планетной и звездной системы находится в зависимости от того, насколько одно тело теплее другого, ибо лишь сим различием температуры устанавливается движение, иначе жизнь». Н. А. Любимов улучшил лекционные демонстрации, проводя их с большим эффектом, уделял большое внимание пополнению физического кабинета.

Н. А. Умов писал в 1897 г., что «многократные поездки и отпуск сумм на приобретение физических инструментов дали возможность Н. А. Любимову пополнить физический кабинет инструментами лучшего качества. Эти инструменты составляют в настоящее время наиболее ценную и обширную часть физического кабинета Московского университета».

Несомненной заслугой Н. А. Любимова является то, что именно он ходатайствовал перед Министерством просвещения об оставлении А. Г. Столетова при университете, помог позднее А. Г. Столетову в организации физической лаборатории, привлек к работе механика, часовщика-любителя П. Ф. Симонова и знаменитого впоследствии демонстратора физических опытов и неизменного помощника А. Г. Столетова И. Ф. Усагина.

Н. А. Любимов был автором фундаментального труда «История физики», основанного на глубоком изучении первоисточников и обильно документированного выдержками из произведений физиков и философов. Таким образом, в научно-педагогической деятельности Н. А. Любимова имеется много ценного, что, несомненно, оказало благотворное влияние на Столетова.

Вместе с тем Н. А. Любимов, хорошо знавший французскую физику первой половины XIX столетия, в особенности работы Ампера и Реньо, которым были посвящены его магистерская и докторская диссертации, задержался в своем научном развитии на уровне этих работ и отстал от новых идей в физике. Это отставание к моменту начала научно-педагогической деятельности А. Г. Столетова стало весьма ощутимым и явилось причиной расхождения между учителем и учеником. К тому же Н. А. Любимов позднее занялся чиновной бюрократической деятельностью в Министерстве просвещения и реакционной журналистикой, став соратником небезызвестного Каткова. Разрыв между Любимовым и Столетовым стал неизбежным.

Математику преподавал Н. Е. Зернов (1804—1862). Его докторская диссертация «Рассуждение об интегрировании уравнений с частными производными», защищенная им в 1837 г., содержала обстоятельное изложение предмета и сыграла важную роль в развитии математической культуры в Московском университете. Зерновым был написан и

учебник «Дифференциальное исчисление с приложением к геометрии», удостоенный Академией наук Демидовской премии. О разнообразии математических интересов Н. Е. Зернова свидетельствует прочитанная им 19 июня 1843 г. публичная лекция «Теория вероятностей с приложением преимущественно к смертности и страхованию». Н. Е. Зернов был незаурядным лектором, и его лекции пользовались большим успехом у студентов.



Н. Е. Зернов (1804—1862).

Н. Д. Брашман (1796—1866), начавший преподавать в университете вместе с Зерновым в 1835 г., читал прикладную математику, геометрию и механику. Его учебник аналитической геометрии был также отмечен Демидовской премией. Из его работ по механике наибольшей известностью пользовались «Теория равновесий тел твердых и жидких, или статика и гидростатика» и «Теоретическая механика». Н. Д. Брашман выступал с докладом «О молекулярных силах» на Манчестерском съезде Британской Ассоциации содействия развитию наук, который известный астроном Гершель назвал «мемуаром величайшей важности».

Большую роль сыграл Н. Д. Брашман в организации московских математиков. Он был инициатором создания Московского математического общества, по его инициативе начал выходить в Москве журнал Математического общества — «Математический сборник».

У своих учителей А. Г. Столетов получил прекрасную математическую подготовку. Друг А. Г. Столетова великий

русский ботаник К. А. Тимирязев рассказывает, как, возвращаясь вместе с известным астрономом Ф. А. Бредихиным с одного из научных заседаний, на котором Столетов выступал с докладом, он восхищался экспериментальным искусством Столетова. Ф. А. Бредихин ему сказал при этом: «Заметьте, вы можете судить только о половине его достоинств. Если бы вы могли только оценить, какой это математик». Это важное свидетельство высокой математической культуры А. Г. Столетова, которой он, несомненно, обязан высокому уровню преподавания математики в Московском университете.

В 1860 г. А. Г. Столетов заканчивает университет в звании кандидата и факультет ходатайствует перед Советом университета об оставлении А. Г. Столетова при физическом кабинете университета для подготовки к профессорскому званию.

По существующему порядку решение Совета, поддержавшего ходатайство факультета, вскоре было передано на рассмотрение попечителя Московского учебного округа. Прошли долгие месяцы, и только 22 февраля 1861 г. попечитель ответил отказом на прошение Совета, ссылаясь на параграфы университетского Устава, обязывающие выпускника университета выслужить не менее 6 лет по линии Министерства народного просвещения.

Совет не согласился с решением попечителя; в дело Столетова втягивались все новые и новые должностные лица, в том числе и министр народного просвещения, пока 5 сентября 1861 г. после годичной переписки оно не решилось в пользу факультета. А. Г. Столетов был оставлен при университете. Начался новый период деятельности А. Г. Столетова, принесший ему широкую известность.

Время, в течение которого А. Г. Столетов ожидал решения попечителя, позднее Министерства народного просвещения, он использовал для подготовки к магистерским эк-

заменам. Добившись разрешения на пользование библиотекой университета, он усиленно готовится к магистерским экзаменам и уже через несколько недель после этого обращается к ректору с просьбой о разрешении на их сдачу.

К этому времени относится сближение Александра Григорьевича с магистром университета К. А. Рачинским, позднее — с его братом С. А. Рачинским, профессором университета. Всячески поощряя естественные научные знания, братья Рачинские весной 1862 г. предоставили университету стипендию для двухгодичной командировки за границу одного из наиболее способных магистрантов. Стипендия была предложена А. Г. Столетову, на что он охотно согласился, имея в виду овладеть в заграничных научных центрах мастерством физического эксперимента и ознакомиться с научными физическими лабораториями западной Европы.

ПЕРВАЯ ПОЕЗДКА ЗА ГРАНИЦУ

По примеру многих русских ученых, получивших в русских университетах солидную теоретическую подготовку, но не имевших возможности продолжить в России научно-исследовательскую, экспериментальную работу ввиду отсутствия надлежащих условий, А. Г. Столетов в 1862 г. приехал в Гейдельберг, где уже было немало молодых русских ученых.

Во время своей первой поездки за границу А. Г. Столетов знакомился главным образом с немецкими университетами и ненадолго выезжал в Париж, в знаменитую Сорбонну. Какую физику нашел он в Германии и во Франции?

В 60-е годы французская физика славилась именами Реньо, Фуко, Физо и других ученых, продолжавших дело своих великих предшественников. Реньо возглавлял знаменитую в свое время лабораторию по исследованию свойств паров и газов, Фуко и Физо вошли в историю физики как

авторы первых земных измерений скорости света. Кроме теплоты и оптики, французские ученые уделяли большое внимание зарождающейся в то время перспективной отрасли техники — электротехнике. Не случайно знаменитый французский писатель-фантаст Жюль Верн так много внимания уделял в своих романах чудесам электричества. Все это: и французскую электротехнику, и лабораторию Реньо, и первоклассные приборы французских оптиков — А. Г. Столетов мог видеть при посещении Франции.

Но французская наука уже начала сдавать свои позиции Германии, которая с 40-х годов XIX в. быстро двигалась по пути, ведущему к ликвидации ее феодальной раздробленности, к развитию промышленности и торговли. В начале 40-х годов Германия выдвинула великих пионеров открытия закона сохранения и превращения энергии Р. Майера и Г. Гельмгольца. В 1845 г. начало свою плодотворную работу немецкое физическое общество в Берлине. К моменту приезда А. Г. Столетова в Германию там, кроме Гельмгольца, активно работали Г. Кирхгоф, прославившийся открытием спектрального анализа, его соавтор по открытию химик Р. Бунзен, Р. Клаузиус, так много сделавший для развития механической теории тепла, физики В. Вебер, Ф. Нейман, Г. Магнус, Г. Видеман и многие другие.

А. Г. Столетов, приехав в Германию, нашел здесь новую физику — физику точного эксперимента и глубокой математической теории, создаваемой трудами Гельмгольца, Клаузиуса, Кирхгофа. Особенно существенно, что здесь А. Г. Столетов ознакомился с методами экспериментальной подготовки физиков, получившими развитие в Германии, в домашней лаборатории известного физика-экспериментатора Магнуса.

Как мы уже говорили, в 1862 г. А. Г. Столетов приехал в Гейдельберг, который, по словам К. А. Тимирязева, был Меккой, куда стремилась русская учащаяся молодежь, ко-

торая занималась учебой и напряженной научной деятельностью. Однако интересы их не ограничивались только этим. Собираясь вместе, молодые люди с энтузиазмом обсуждали вопросы общественного переустройства России, читали произведения революционеров-демократов. Один член этой дружной семьи, В. Ф. Лугинин (1834—1911), за эти годы несколько раз был у А. И. Герцена в Лондоне и являлся доверенным лицом Герцена в Гейдельберге. О широте интересов русской учащейся молодежи говорит и тот факт, что, когда знаменитый итальянский революционер



Гельмгольц (1821—1894).

Гарибальди начал поход на Рим, гейдельбергская колония пыталась собрать деньги на приобретение для него пушек и отправить эти пушки с В. Ф. Лугининым, являвшимся артиллерийским офицером. Лугинин был также старшиной гейдельбергской русской читальни, организованной русскими студентами, был «послом» Герцена к И. С. Тургеневу и выполнял ряд других его поручений. Таково было окружение А. Г. Столетова в Гейдельберге.

Время заграничной командировки Александра Григорьевича, продолжавшейся три с половиной года (с лета 1862 по декабрь 1865 г.), можно разбить на четыре периода: Гейдельберг, Геттинген, Берлин и снова Гейдельберг.

Гейдельберг — один из старых университетских городов — славился в то время знаменитыми физиками; здесь работал Гельмгольц (1821—1894), которого по праву называли международным учителем. «Многие десятки русских натуралистов и врачей, получивших известность своей обществен-



Кирхгоф (1824—1887)

ной деятельностью и учеными трудами, обязаны своим специальным образованием Гельмгольцу. Значение его в качестве международного учителя, думаю, ни для одной страны (кроме родной ему Германии) не было так велико, как для России», — вспоминал позднее А. Г. Столетов. Универсальность его была необыкновенной. Врач, потом профессор анатомии и патологии, физиологии, физики, обладавший глубокими математическими познаниями, он имел глубокое философское образование и производил

на слушателей неотразимое влияние.

В Гейдельберге жил и работал Кирхгоф (1824—1887), семинарий которого был широко известен за пределами Германии. «Простота обращения и неутомимая внимательность в отношении к учащимся, постоянная деятельность, самообладание мысли, дар сжатой, но отчетливой речи — вот что поражало нас в Кирхгофе», — писал о нем А. Г. Столетов в 1873 г. Здесь жил и Роберт Бунзен (1811—1899), незадолго до этого открывший вместе с Кирхгофом спектральный анализ.

В Гейдельберг А. Г. Столетова влекла прежде всего возможность работать в лаборатории Кирхгофа. Однако лаборатория не была готова, пришлось на первых порах ограничиться слушанием лекций по теоретической физике, которые читали Кирхгоф и Гельмгольц.

Слушание только лекций, пусть даже блестящих лекций Кирхгофа и Гельмгольца, не устраивало А. Г. Столетова. Он, закончивший Московский университет в то время, когда

о лабораторном практикуме можно было лишь мечтать, с радостью отзывается на предложение К. А. Рачинского организовать небольшую физическую лабораторию на его квартире в Гейдельберге. Лаборатория вскоре была создана и Александр Григорьевич, все время стремившийся к работе в большой физической лаборатории, задержался в Гейдельберге на целый год.

Летом 1863 г., поскольку открытие лаборатории Кирхгофа все откладывалось, А. Г. Столетов вместе с К. А. Рачинским переезжает в Геттинген к Веберу (1804—1891). В лаборатории Вебера А. Г. Столетов впервые сталкивается с большим физическим практикумом. Не ставя задач исследовательского характера, он с величайшей пунктуальностью изучает в лаборатории Вебера все то, что было накоплено предшественниками в этой области. Большое внимание обращает он на изучение приборов и обработку экспериментальных данных. Особенно хорошую подготовку получил А. Г. Столетов в области магнитных и электрических измерений, представляющих круг научных интересов руководителя лаборатории.

В лаборатории Магнуса А. Г. Столетов познакомился с М. П. Авенариусом (1835—1895), впоследствии известным русским физиком-экспериментатором, создателем школы русских исследователей критического состояния вещества и расширения жидкостей. Дружба этих двух русских ученых, связанных общими научными интересами и борьбой за процветание русской науки, продолжалась до последних дней М. П. Авенариуса, скончавшегося в 1895 г.

Весной 1864 г., узнав о том, что Кирхгоф открыл свою физическую лабораторию, А. Г. Столетов вместе с М. П. Авенариусом переезжает в Гейдельберг. Новая лаборатория Кирхгофа занимала почти половину вновь построенного здания (так называемого *Fridrichsbau*). «Лаборатория по тому времени казалась роскошной, но, чтобы охарактери-

зовать тогдашние условия достаточно сказать, что лаборатория обходилась без единого ассистента; и устройством лекционных опытов, и практикой со студентами занимался все время профессор при содействии одного служителя.

Тем не менее и лекции Кирхгофа были обставлены прекрасно, и практические занятия по всем отделам физики организованы, как нигде», — писал в 1895 г. А. Г. Столетов.

И Столетов и Авенариус имели возможность сравнить постановку работы в Берлинском и Гейдельбергском университетах. И если Авенариус, по словам Столетова, являлся ранее приверженцем чисто эмпирической школы своего берлинского учителя Магнуса, то, «перейдя к Кирхгофу, он научился ценить этого превосходного ученого и учителя». Для обоих «лекции и указания Кирхгофа были истинным откровением. Физическая наука в ее идеальном виде, как сочетание теоретической мысли с экспериментальным искусством, предстала нам здесь впервые в лице творца спектрального анализа».

«У Магнуса каждый отдел представляет что-то самостоятельное, замкнутое; у Кирхгофа через все части проходит связующая нить механики. У Магнуса целый ряд блестящих опытов для обнаружения одного и того же факта. У Кирхгофа — один опыт, «всегда, конечно, удачный», отсюда экономия времени и большая полнота курса», — писал М. П. Авенариус в одном из отчетов о командировке.

Работа в Гейдельберге, продолжавшаяся около полутора лет, подходила к концу. Приобретен богатый запас как теоретических, так и практических знаний. Изучена постановка преподавания физики во многих университетах Германии (и даже в Сорбонне, в Париже, куда А. Г. Столетов выезжал из Гейдельберга на два месяца).

Из пребывания на Западе А. Г. Столетов вынес и другие впечатления, в частности о более широком общем развитии и просвещении таких слоев народа, которые в России

оставались невежественными и почти поголовно безграмотными. Этот контраст приводит его к выводу о многих социальных несправедливостях в родной стране.

В конце 1865 г. А. Г. Столетов возвращается на Родину, где еще за несколько месяцев до этого ему было определено место «преподавателя физики по найму» в Московском университете.

НАЧАЛО УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Шесть лет после окончания университета посвятил А. Г. Столетов подготовке к преподавательской деятельности: два из них он работал при кафедре физики Московского университета, три с половиной — в лабораториях и научных центрах Запада и, наконец, более шести месяцев он готовился к своему первому университетскому курсу.

А. Г. Столетов, пройдя за границей замечательную школу Вебера, Магнуса, Кирхгофа и других выдающихся физиков, вернулся из командировки сложившимся ученым, глубоко понимающим новые задачи и требования, предъявляемые к физической науке того времени.

«Столетов выступил в качестве профессора и ученого во второй половине 60-х годов, когда Россия уже полностью стала на рельсы капиталистического развития и пошла по пути других капиталистических стран Европы. В это время начала развиваться промышленность и эта новая промышленность, которая возникла на нашей почве, оборудовалась весьма современной, по-тогдашнему, техникой. Само собой разумеется, что это не могло остаться без влияния на постановку преподавания в нашей стране. Несомненно, уровень преподавания в эти годы значительно повысился. Но такие люди, как А. Г. Столетов, которые шли впереди всех, не могли этим удовлетворяться: им было не-

достаточно, что науку лучше стали преподавать в нашей стране, они хотели, чтобы науки не только преподавались, но, выражаясь словами Петра I, «онные производились в стенах высших учебных заведений», — писал А. К. Тимирязев.

Московский университет в 1866 г. не имел экспериментальной базы для научно-исследовательских работ, как и шесть лет тому назад.

С появлением А. Г. Столетова в университете связаны коренные изменения в постановке как учебной, так и научно-исследовательской работы по физике. А. Г. Столетову было поручено кафедрой физики и физической географии, руководимой Н. А. Любимовым, чтение математической (теоретической по современной терминологии) физики и физической географии. Его первая лекция, состоявшаяся 17 сентября 1866 г., была посвящена теории электричества. Эта лекция представляет значительный интерес не только потому, что одному из разделов учения об электричестве посвятил в дальнейшем А. Г. Столетов свою магистерскую диссертацию, но и как образец ясности изложения еще недостаточно связанных между собой вопросов, находящихся в стадии изучения и гипотез. А. Г. Столетов развивает картину как эволюции, так и коренных ломок физических представлений, сжато и точно характеризует тенденцию к единству физической картины мира, которая проявляется в исключении многочисленных электрических, магнитных, тепловых невесомых, недоступных прямому опыту, а также все большему применению в научных исследованиях закона сохранения и превращения энергии, «утверждение которого составляет самый славный подвиг естествознания за последние 25 лет».

Характеризуя новый класс явлений, связывающих область электричества и магнетизма, для объяснения которых ранее изложенные теоретические принципы оказались не-

достаточными, А. Г. Столетов высказывает ряд критических замечаний по поводу основного электрического закона одного из своих учителей — Вебера, обращая внимание слушателей на удачные попытки новой науки (теории Максвелла, автора которой он не называет) исключить из теории электрические жидкости и объяснить всю сумму исследованных фактов, опираясь лишь на представления о световом эфире. Стремление А. Г. Столетова к новому, современному, порой еще недостаточно устоявшемуся в науке характеризует его первую лекцию. Не случайно именно он одним из первых принял теорию Максвелла, многое сделал для ее окончательного утверждения и обратил на нее в дальнейшем внимание своих учеников. Первая лекция А. Г. Столетова произвела глубокое впечатление на слушателей. Это впечатление не ослабевало и в дальнейшем.

Много работая над курсами лекций, А. Г. Столетов упорно трудится над магистерской диссертацией. Отсутствие в Московском университете базы для экспериментальной работы вынудило Столетова избрать темой диссертации теоретическое исследование. Оно было направлено на решение одного из сложнейших вопросов теории электричества — общей задачи электростатики.

Общая задача электростатики в современной постановке вопроса заключается в получении соотношений, связывающих между собой геометрическую конфигурацию проводников и диэлектриков, распределение зарядов на проводниках, разности потенциалов между рассматриваемыми проводниками и конфигурацию поля в диэлектрике. Все эти факторы или отдельные из них нашли применение при определении емкостей проводников, максимальных градиентов в электроизоляционных материалах, полей между отклоняющими пластинами осциллографов, электродами электронных ламп, при нахождении сил, действующих на электрон в электронной пушке, на заряженные частицы, раз-

гоняемые в ускорителях, и при решении многих других задач.

Основная задача электростатики — это задача о равновесии зарядов. При ее решении необходимо знать как силы, заставляющие заряды двигаться к возможному положению равновесия, так и влияние расположения проводников и диэлектриков на распределение зарядов и конфигурацию полей.

В разработку математических методов, приводящих к решению данной задачи, внесли свой вклад Гаусс, М. В. Остроградский, Грин, Лаплас, Пуассон, Дирихле, Лиувиль и некоторые другие ученые. Сам А. Г. Столетов постановку задачи определил так: «...рассматривается задача о равновесии электричества на проводниках в ее общем виде: берется произвольное число проводников, сплошных или полых, в присутствии произвольного комплекса неподвижных электрических полюсов (зарядов. — *Прим. авт.*). Можно доказать, что и в этой общей форме задача об электрическом равновесии допускает решение и притом только одно, так как это имеет место для одного проводника».

Известно, что даже в частном случае взаимодействия двух заряженных проводников вопрос об установлении электрического равновесия между ними представляет весьма трудную задачу, оказавшуюся посильной лишь таким выдающимся исследователям, как Морфи (1806—1843) и В. Томсон (1824—1907).

А. Г. Столетову, в совершенстве владевшему математическими методами, удалось свести общую задачу о взаимодействии между многими проводниками к бесчисленному множеству элементарных задач, в которых рассматривалась лишь одна замкнутая поверхность с потенциалом, равным нулю. «Такого рода приведение, — писал Столетов, — в большинстве случаев есть, конечно, только идеальная, не-

выполнимая схема решения задачи. Тем не менее оно может служить для приближенных вычислений. В частном же случае, когда проводящий контур составлен из двух сферических поверхностей, сказанное приведение выполнимо во всей точности и дает нам общее решение о двух шарах».

Работа эта, представляющая в настоящее время лишь исторический интерес, свидетельствует о высокой математической культуре А. Г. Столетова. Помимо решения поставленной задачи в самом общем виде, А. Г. Столетов продолжил разработку математического метода последовательных приближений Морфи—Липшица—Томсона, который по праву должен носить и его имя.

Магистерская диссертация «Общая задача электростатики и ее приведение к простейшему случаю» была прочитана 15 февраля 1869 г. в Московском математическом обществе и успешно защищена в конце учебного года.

Напряженный труд над диссертацией и постановкой нового для университета лекционного курса настолько подорвал здоровье А. Г. Столетова, что вскоре после защиты диссертации он заболел тяжелым нервным расстройством. Болезнь, причинившая Александру Григорьевичу глубокую душевную травму, продолжалась около года и позволила ему приступить к работе уже в звании доцента лишь в 1870/71 учебном году.

Позднее, желая ободрить своего ученика В. А. Михельсона, находившегося в очень тяжелом состоянии, А. Г. Столетов писал ему об этих годах: «Не знаю утешит ли Вас, если я расскажу в двух словах собственную историю. После командировки 1862—1865 гг. я вернулся совсем больной с расстроенными нервами, головными болями, неисправным пищеварением и пр. Сразу затянулся в преподавание двух предметов, отвлекшее от не готовой еще диссертации, и в то же время лечился. На таком положении, получая от университета 500 р. (!) и субсидию от старшего брата, пробился

три года до утверждения доцентом. Вслед за тем вытерпел нервную горячку (накопилось!), которая вычеркнула целый год из моего академического существования. После бури воздух освежился — и теперь, перевалив за половину срока, обещаемого мне моей фамилией, могу мечтать о полном ее оправдании...»

ВТОРАЯ ПОЕЗДКА ЗА ГРАНИЦУ. ДОКТОРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Осенью 1870 г. А. Г. Столетов приступил к работе. Его планами на ближайшее будущее были написание докторской диссертации и создание в Московском университете физической лаборатории, необходимой для организации практикума студентов и экспериментальной научно-исследовательской работы по физике.

Изучив постановку научно-исследовательской работы на Западе, А. Г. Столетов, как никто другой, понимал, что без создания условий для экспериментальной работы на родине, нельзя вывести отечественную физику на уровень западноевропейской, нельзя избавиться от научных командировок в лаборатории Германии и других государств, хотя сам факт научного общения и обмена опытом он не только не отрицал, но и использовал в дальнейшем малейшие возможности для этого.

Несмотря на то что курс экспериментальной физики в это время читал в университете Н. А. Любимов и заботы о создании учебной физической лаборатории, предусмотренной университетским уставом 1863 г., входили в круг его обязанностей, А. Г. Столетов зимой 1870/71 учебного года начинает усиленные хлопоты о ее создании.

В донесении физико-математическому факультету Александр Григорьевич отмечает, что «указанный устав наряду с физическим кабинетом предусматривает и физическую

лабораторию. Без этого учебные занятия со студентами не могут иметь правильного систематического характера, с другой стороны собственные ученые занятия преподавателей встречают непреодолимые затруднения».

Поскольку помещение физического кабинета было недостаточным для создания такой лаборатории, А. Г. Столетов просит факультет о выделении под лабораторию четырех комнат, отдельных от кабинета. Для помощи преподавателю в проведении практикума А. Г. Столетов просит выделить специального служителя-лаборанта.

Физико-математический факультет поддержал просьбу А. Г. Столетова и заведующего кафедрой Н. А. Любимова. По ходатайству факультета Совет университета создал специальную комиссию по перераспределению помещений в зданиях университета. Усиленные хлопоты об открытии лаборатории увенчались успехом лишь ко времени возвращения А. Г. Столетова из второй научной командировки за границу, осенью 1872 г. Под физическую лабораторию была отведена часть бельэтажа так называемого ректорского дома, состоявшая из нескольких больших комнат.

В начале 1871 г. у Александра Григорьевича Столетова созрел план докторской диссертации об исследовании магнитных свойств железа. Занятый лекционными курсами, заботами о создании лаборатории, А. Г. Столетов находит время для подготовки докторской диссертации. О планах А. Г. Столетова узнает Кирхгоф и предлагает ему свои услуги.

Наконец семестр окончен, и Александр Григорьевич снова в Гейдельберге в лаборатории Кирхгофа, любезно предоставившего ему рабочее место в одной из комнат. Имея в запасе четыре месяца, А. Г. Столетов приступает к кропотливой, упорной работе по созданию экспериментальной установки, имея в виду выполнить в лаборатории Кирхгофа лишь необходимый эксперимент, а окончательную обработ-

ку данных и написание диссертации закончить в Москве. Первые экспериментальные данные были получены в начале сентября 1871 г., а в начале ноября ученый возвратился в Московский университет и уже 20 ноября доложил о результатах своих исследований Московскому математическому обществу.

В апреле 1872 г. диссертация была успешно защищена. Оппонентами по диссертации выступали профессора Н. А. Любимов и Ф. А. Слудский. В мае А. Г. Столетов был избран экстраординарным профессором.

Идея докторской диссертации «Исследование о функции намагничения мягкого железа» вынашивалась А. Г. Столетовым со времени пребывания в Гейдельберге и была вызвана настоятельной необходимостью разрешить один из важнейших вопросов теории Максвелла и практической электротехники о влиянии магнитной среды (железа) на электромагнитные взаимодействия.

Из небольшого количества экспериментальных исследований было ясно, что между намагничением (вектор намагничивания по современной терминологии) и намагничивающей силой (напряженностью) не существует линейной зависимости, как это следовало из теории Максвелла и гипотезы Пуассона. Кирхгофу пришлось несколько изменить теорию магнетизма, данную Пуассоном, которая базировалась на двух основных положениях: 1) направление намагничивания в данной точке численно совпадает с направлением напряженности поля; 2) величина намагничивания (P) пропорциональна напряженности поля ($P = kH$). Первому из этих положений противоречило наличие остаточного магнетизма, которое, правда, предварительной обработкой железа удается свести к некоторому, поддающемуся учету, минимальному значению. Второе положение теории Пуассона оказалось ложным. Поэтому Кирхгоф вместо постоянной k ввел некоторую эмпирическую

функцию напряженности поля и формы образца ($\kappa = f(H)$), «знание которой, — по словам А. Г. Столетова, — необходимо и достаточно для того, чтобы дать общей задаче о намагничении железа вполне определенную аналитическую постановку... Упомянутая мною функция, которую предлагаю назвать функцией намагничения железа, составляет предмет моих исследований».

Было известно, что в области больших полей функция намагничения убывает по мере возрастания напряженности магнитного поля, в области же малых полей поведение функции по существу не было исследовано. Помимо этого, А. Г. Столетов ставил целью проверить совершенно новый метод исследования магнитных свойств тел в области малых магнитных полей — метод кольца с известными условиями намагничивания.

Проанализировав опыты В. Вебера, Кв. Ицилиуса, Видемана и других, А. Г. Столетов пришел к выводу о том, что, хотя в опытах В. Вебера и Кв. Ицилиуса и делались абсолютные измерения величин P и H для проверки теории намагничивания железа, они не могли дать нужных результатов о свойствах функции, так как опыты проводились в основном с цилиндрическими образцами (полюсами). Строгая теория при этом применима лишь для образцов бесконечной длины и тонкости. Вектор же намагничивания зависит еще и от формы образца, поэтому величина намагничивания цилиндра конечной формы не могла служить «общим критерием намагничения, пригодным для тел произвольной формы».

Метод кольца, предложенный А. Г. Столетовым, давал возможность воспользоваться теорией Кирхгофа столь же строго, как и для бесконечно длинного и бесконечно тонкого цилиндра (или эллипсоида вращения). Опыт с кольцом обладал и другими преимуществами: «1) форма кольца может быть гораздо правильнее выполнена (точением на стан-

ке) и гораздо точнее измерена (особенно, если сечение кольца — прямоугольник), чем форма эллипсоида; 2) можно ожидать, что при обработке кольца однородность железной массы (по крайней мере в направлении осевого круга) сохранится строже, чем при выделке эллипсоида»; 3) отпала необходимость учитывать так называемый размагничивающий фактор, значительный для образцов конечной длины (брусков, стержней и проч.) и трудно учитываемый.

Новым в работе было и то, что А. Г. Столетов отказался от известного пути исследования магнитных свойств железа с помощью магнитометра, как недостаточно чувствительного и малопригодного для кольца¹, и разработал более точный и простой метод баллистического гальванометра. Идея опыта состояла в следующем: если через первичную обмотку тороида, имеющего большое число витков провода, пропустить электрический ток, то гальванометр, замкнутый на вторичную цепь тороида, имеющую небольшое число витков, обнаружит присутствие мгновенного тока. «Этот ток, — пишет А. Г. Столетов, — есть результат двойного наведения во вторичной обмотке: 1) прямого гальванического наведения (Volta — Induction) вследствие появления тока в главной проволоке (первичной обмотке); 2) магнитного наведения (Magneto-Induction) через посредство железного кольца, которое, намагничиваясь от действия главного тока, тем самым наводит ток в близлежащем замкнутом проводнике».

При размыкании первичной цепи гальванометр отмечает наведенный ток обратного направления.

¹ Метод магнитометра очень сложен, требует утомительной обработки результатов, не дает возможности полностью учесть размагничивающий фактор образцов и обладает рядом других недостатков (*прим. авт.*).

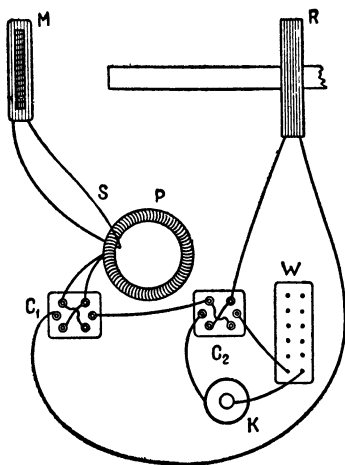


Рис. 1. Схема опыта Столетова по определению функции намагничивания (метод первый).

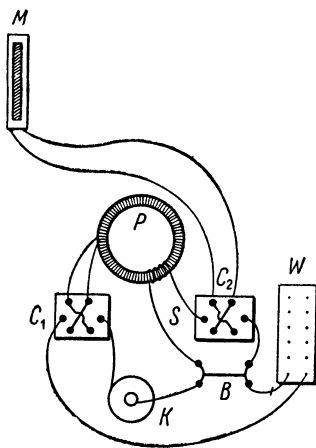


Рис. 2. Схема опыта Столетова по определению функции намагничивания (метод второй).

C_1 и C_2 — коммутаторы; P — кольцо с обмоткой; R — бобина; M — магнитометр; S — вторичная обмотка; W — магазин сопротивлений; K — источник тока; B — мостик.

Вследствие остаточного магнетизма второй ток будет меньше первого (тока замыкания). При последующих замыканиях и размыканиях эти токи будут оставаться приблизительно одинаковыми. Перемагничивания железа можно также добиться поочередной переменой тока в первичной цепи.

Железное кольцо, использованное в эксперименте, подвергалось двенадцатичасовому прокаливанию для уничтожения остаточного магнетизма. Кольцо было прямоуголь-

ного сечения высотой 14,75 мм, шириной 9,828 мм. Его внешний диаметр равнялся 200,025 мм, внутренний — 180,37 мм. При этом радиус осевого круга составлял 95,098 мм. Внутренний слой первичной обмотки имел 800 витков, наружный — 750. Измерения проводились с помощью магнитометра, состоящего из четырехсотграммового магнита, подвешенного к потолку на тонкой проволоке. Магнит помещался в овальную обмотку мультипликатора. Отсчет отклонений производился методом зеркала, укрепленного на нити, и трубы¹.

Магнитометр служил как для измерения намагничивающего тока, так и для измерения индуцированного количества электричества. Измерение намагничивающего тока А. Г. Столетов производил двумя методами. Схема первого (для сильных намагничивающих токов) представлена на рисунке 1. Катушка (бобина) R , магнитный момент которой предварительно определялся, располагалась на расстоянии 1000—1250 мм от магнита магнитометра M , так чтобы ее ось была перпендикулярна к магнитному меридиану. При прохождении тока через обмотку катушки она действует как магнит и отклоняет магнит магнитометра в ту или другую сторону из плоскости магнитного меридиана в зависимости от положения коммутатора C_2 . Определяя угол отклонения, А. Г. Столетов вычислял χ и H и находил функциональную зависимость между ними.

При слабых намагничивающих токах пользование бобиной для их измерения не обеспечивало достаточной чувствительности. Потребовалось измерять ток в первичной и вторичной цепях одним вторичным мультипликатором, обеспечивающим большую чувствительность. Но так как вторичный мультипликатор был рассчитан на меньший ток, то

¹ Магнитометр при таких условиях представлял собой баллистический гальванометр (прим. авт.).

основную и определенную часть первичного тока пришлось пропустить через параллельный мультипликатору мостик, который по существу был первым шунтом, расширяющим пределы измерений прибора. Схема опыта А. Г. Столетова по определению функции намагничивания (второй метод) показана на рисунке 2.

В результате опытов А. Г. Столетов установил неприменимость в области слабых магнитных полей гипотезы Пуассона о пропорциональности намагничивания напряженности поля. Он показал, что «при малых намагничивающих силах функция намагничивания железа имеет возрастающее течение и при некоторой цифре достигает наибольшей величины» (рис. 3).

Он установил также, что в области слабых магнитных полей не подтверждается гипотеза Вебера о вращении молекулярных магнитов железа; дал новый метод (метод баллистического гальванометра) исследования магнитных свойств вещества, который позднее прочно вошел в практику магнитных измерений и до настоящего времени является достоянием лабораторий как учебных, так и научно-исследовательских.

Этим методом воспользовался в 1880 г. П. А. Зилев для исследования намагничивания железа в области сверхслабых магнитных полей. Методом баллистического гальванометра пользовались Бауэр, Роуланд, Юинг и многие другие исследователи.

Эта работа была одной из первых в целом ряде исследований влияния среды на электрические и магнитные процессы и существенным образом углубляла работы Фарадея и Максвелла по теории электромагнитных явлений. «Самый факт намагничивания, — говорил А. Г. Столетов во вступительной речи на защите своей докторской диссертации, — приобрел великое значение в физике со времени открытий Фарадея, утверждавших всеобщность процесса намагни-

чения — восприимчивость всех тел природы в большей или меньшей степени к действию магнитных сил».

В конце своей работы А. Г. Столетов указывал, что «изучение функции намагничения железа может иметь практическую важность при устройстве и употреблении как электромагнитных двигателей, так и тех магнитоэлектрических машин нового рода, в которых временное намагничение железа играет главную роль (снаряды Н. Уайльда, Сименса, Ладда и др.). Знание свойств железа относительно временного намагничения так же необходимо здесь, как необходимо знакомство со свойствами пара для теории паровых машин. Только при таком знании мы получим возможность обсудить а priori наивыгоднейшую конструкцию подобного снаряда и наперед рассчитать его полезное действие».

Этот важнейший вывод сразу же нашел широкое применение в электротехнике, где до работы А. Г. Столетова не было достаточно строгого критерия для расчета электрических явлений в цепях, содержащих ферромагнетики.

Конструирование электрических машин стало поддаваться строгому математическому расчету, электротехника получила мощный толчок, способствующий ее ускоренному развитию. И на этом пути русские ученые и техники открыли в дальнейшем еще немало славных страниц.

В настоящее время нельзя представить себе конструирование электрических машин без предварительного исследования магнитных свойств ферромагнетиков, являющихся неотъемлемой частью этих машин.

Метод А. Г. Столетова помог составить справочные таблицы о свойствах магнитных материалов, без знания которых немислима инженерная электротехническая практика.

В наше время советские энергетики освоили производство самых мощных в мире электрических машин и страна

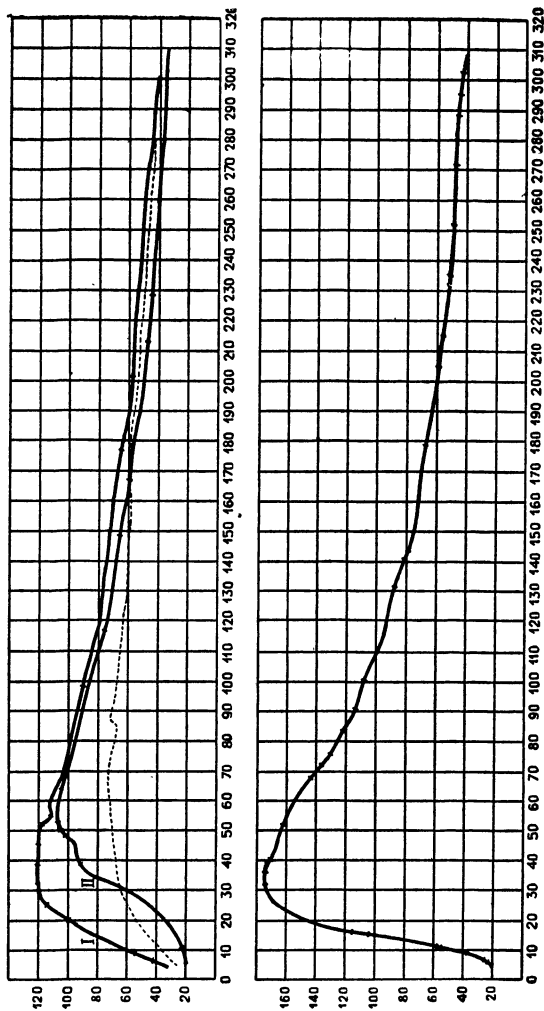


Рис. 3. График зависимости функции намагничивания χ от напряженности поля H .
Вверху кривая Квинтуса-Иццилиуса.

вышла на второе место в мире по выработке электроэнергии, оставив позади крупнейшие капиталистические страны Западной Европы.

СОЗДАТЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ШКОЛЫ РУССКИХ ФИЗИКОВ

К концу 1872 г. была открыта физическая лаборатория и заведование ею было поручено А. Г. Столетову. Факультет сумел выделить для вновь открытого учреждения лишь 1200 руб.

В обращении в физико-математический факультет в 1874 г. А. Г. Столетов писал: «В последние годы в Московском университете положено начало такому учреждению, где учащиеся имеют возможность собственной практикой знакомиться с методами физических исследований. Как результат направленных на то стараний, позволю себе привести на память работу, увенчанную золотой медалью на последнем акте нашего университета, — работу, в которой под руководством профессора исполнена одна из труднейших задач измерительной физики. К сожалению, юная физическая лаборатория нашего университета не имеет особого штатного лаборанта». И здесь же А. Г. Столетов предлагает включить в качестве сверхштатного лаборанта Р. А. Колли, много лет занимающегося физикой в домашней лаборатории и достаточно опытного в своем деле. Р. А. Колли с 28 апреля 1874 г. и был зачислен первым лаборантом.

А. Г. Столетов считал, что для успешной работы лаборатории должна быть назначена особая штатная сумма в размере 1500 руб. в год, не зависящая ни от сумм физического кабинета, ни от сумм метеорологической лаборатории и кабинета физической географии; чтобы при лаборатории было учреждено новое место штатного лаборанта; чтобы лабо-

ратории было назначено единовременное пособие в 1000 руб. и, наконец, увеличен оклад состоящего при кафедре физики механика.

Отмечая недостаточность специальных средств Московского университета, идущих на командировки молодых ученых за границу, на их стипендии, вознаграждение сверхштатных лаборантов и сторонних преподавателей, Столетов предлагает включить в эти средства 47 000 руб. ежегодного дохода за право издания «Московских ведомостей». Однако эти предложения не были приняты Министерством просвещения, лаборатория и в дальнейшем продолжала испытывать большие затруднения в средствах.

Несмотря на скудные средства, лаборатория непрерывно развивалась. Небольшое количество физических приборов, заимствованных из физического кабинета, вскоре пополнилось приборами, переданными лаборатории бывшим профессором Московского университета К. А. Рачинским. Активную помощь А. Г. Столетову оказывали студенты. С первых же дней лаборатория стала, помимо студенческих упражнений, местом экспериментальных исследований учеников Столетова.

В сентябре 1873 г. помещение физической лаборатории было расширено прибавлением нескольких комнат второго этажа ректорского дома, предназначавшихся ранее под ботанический кабинет.

Однако А. Г. Столетов не останавливается на достигнутом. Он идет дальше, стремясь создать на родине условия, необходимые для подготовки отечественных кадров ученых-физиков. Принимая деятельное участие в работе обществ испытателей природы, математического и любителей естествознания, он отдает себе отчет в том, что их деятельность носит прикладной характер. «Чувствовалась нужда в ином обществе физико-математиков, которое могло бы заняться разработкой теоретической физики и нужных для нее

отделов чистой математики. Такая деятельность требовала другой, более простой, т. е. домашней обстановки». И в сентябре 1870 г., по словам Д. А. Гольдгаммера, в квартире А. Г. Столетова начинают собираться Н. Н. Шиллер, Н. А. Умов, Г. Б. Фишер, Н. Е. Жуковский, П. А. Зилов — его ближайшие ученики. В 1873 г., вскоре после открытия лаборатории, А. Г. Столетов получил квартиру в здании университета и заседания кружка были перенесены в помещение лаборатории. К физикам примкнули математики: Н. А. Шапошников, А. П. Ливенцев, А. П. Минин, П. А. Некрасов и некоторые другие, а также профессора А. В. Цингер, Ф. А. Слудский и Ф. А. Бредихин.

Только в 1881 г., когда А. Г. Столетов был избран председателем физического отделения Общества любителей естествознания, физический кружок слился с физическим отделением, составив его главную часть, и собрания его были перенесены в здание Политехнического музея.

Став директором отделения прикладной физики музея, А. Г. Столетов привлек его большие экспериментальные средства для научной работы своих учеников.

Таким образом, организация кружка и особенно физической лаборатории положили начало Московской школе физиков, школе А. Г. Столетова. С этого времени началась систематическая работа А. Г. Столетова по подготовке молодых ученых, по развитию физики в России.

Члены кружка, пройдя замечательную школу Московской физической лаборатории, разъезжались по университетам страны, занимая кафедры и продолжая развивать методы работы А. Г. Столетова. Став известными учеными, руководителями кафедр, факультетов, университетов, ученики Александра Григорьевича не порывали связи с ним, обращались к нему по вопросам своих научных работ и всегда получали от него обстоятельные ответы и помощь. Прибегал к помощи своих учеников и А. Г. Столетов, осо-

бенно при устройстве на работу молодых, только что вступивших на путь научной и педагогической работы ученых.

После открытия физической лаборатории начинает в ней экспериментальную работу и ее руководитель. Работа касалась нахождения величины соотношения между электростатическими и электромагнитными единицами¹.

Известно, что Максвелл, сравнивая размерности единиц количества электричества, электроемкости и некоторых других, получаемых в электростатической и электромагнитной системах, когда единицы длины, массы и времени являются одними и теми же в обеих системах единиц, показал, что число электростатических единиц, содержащихся в одной электромагнитной, «численно равняется некоторой скорости, абсолютная величина которой не зависит от величины применяемых основных единиц».

Максвелл в своей работе приводит описание возможных опытов, пользуясь которыми можно найти эту величину, определению которой он придавал большое значение.

«В теории, признающей, что свет есть электромагнитное возмущение, распространяющееся в той же самой среде, через которую передаются другие электромагнитные действия, V должно быть скоростью света ... с другой стороны v есть число электростатических единиц электричества в одной электромагнитной единице... Отсюда совпадение или несовпадение значений V и v является пробным камнем для электромагнитной теории света», — писал он в «Трактате об электричестве и магнетизме».

Первые работы по определению v Максвелла были проведены Вебером и Кольраушем в 1856 г. методом, основанным на определении некоторого определенного количест-

¹ А. Г. Столетов, Об одном методе определения отношений электромагнитных и электростатических единиц (v Максвелла). Собр. соч., т. I, М.—Л., 1939, стр. 177—184.

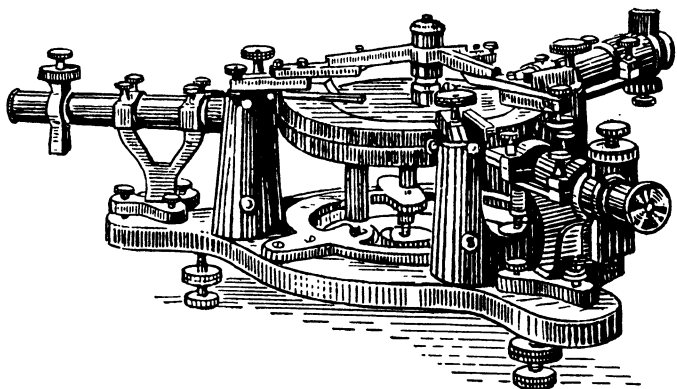


Рис. 4. Абсолютный конденсатор А. Г. Столетова.

ва электричества сначала в электростатических, а потом в электромагнитных единицах. В качестве измеряемого количества электричества выбирался заряд лейденской банки. Величина заряда в электростатических единицах находилась как произведение емкости на разность потенциалов обкладок; заряд в электромагнитных единицах определялся путем разрядки конденсатора через катушку баллистического гальванометра.

В результате измерений Вебер и Кольрауш получили для ϵ Максвелла значение, равное $310\,740\,000$ м/сек, т. е. величину, близкую к скорости света в пустоте.

Однако их метод обладал существенными недостатками, приводившими к значительной ошибке в определении ϵ . Основная ошибка метода заключалась в том, что не было прямых путей определения емкости лейденской банки и учета влияния твердого диэлектрика.

Придавая важное значение определению величины ϵ с максимальной точностью, А. Г. Столетов пришел к выводу

о том, что более высокую точность может обеспечить метод абсолютного конденсатора, т. е. конденсатора, емкость которого можно было с большой степенью точности вычислить по его размерам и форме.

Мысль о постановке эксперимента с абсолютным конденсатором созрела у А. Г. Столетова во время пребывания в Гейдельберге у Кирхгофа в 1871 г. еще до выхода в свет «Трактата по электричеству и магнетизму» Максвелла. Конденсатор был спроектирован и заказан в мастерской Мейерштейна. Однако, как указывает А. Г. Столетов, прибор был получен в Москве лишь через три года.

На рисунке 4 изображен абсолютный конденсатор А. Г. Столетова. На рисунке 5 показана схема расположения приборов для определения отношения единиц.

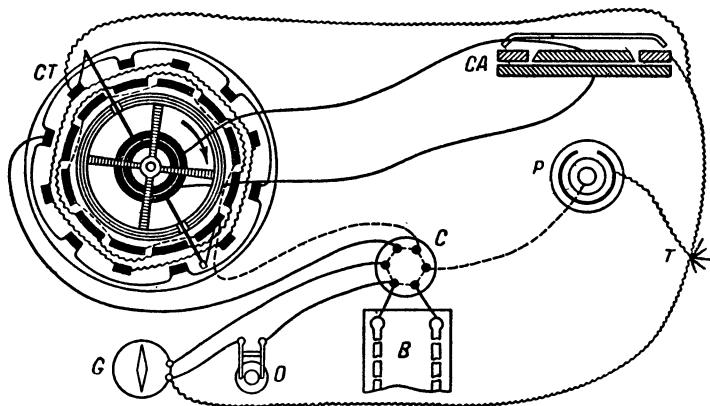


Рис. 5. Схема опытов Столетова по определению отношения электромагнитных и электростатических единиц:

СА — конденсатор; Р — батарея; СТ — вращающийся коммутатор; Г — аstaticкий гальванометр В. Томсона; В — магазин сопротивлений; О — шунт; Т — заземление; С — коммутатор.

Первые результаты опытов были доложены в весьма сжатой форме в 1876 г. на съезде русских естествоиспытателей в Варшаве. Более подробное сообщение о своих опытах А. Г. Столетов сделал на VI съезде русских естествоиспытателей 26 декабря 1879 г. в Петербурге и, наконец, 23 сентября 1881 г. во Французском физическом обществе.

Чем же еще отличались эксперименты А. Г. Столетова от опытов других исследователей, в частности англичан Эйртона и Перри, которые проделали свои опыты в 1879 г. по близкой методике? Метод А. Г. Столетова не требовал применения источников с высокой э. д. с., т.е. давал большую чувствительность. По-иному, не пользуясь баллистическим гальванометром, измерял А. Г. Столетов и разрядный электрический ток, пропуская его многократно, около 100 раз в секунду, через обыкновенный гальванометр Томсона. Для этой цели был использован коммутатор *СТ*, приводимый во вращение небольшим электродвигателем. Источники тока с небольшой э. д. с. (один-два элемента Даниэля) давали возможность меньше заботиться об изоляции установки и делать зазор между обкладками конденсатора чрезвычайно малым. Это также повышало точность метода.

Теория вопроса сводилась к следующему:

Если $c_1 = \frac{s}{4\pi d}$ — емкость конденсатора в электростатических единицах и $c_2 = \frac{c_1}{v^2}$ — та же емкость в электромагнитных единицах, то при n — числе разрядов в секунду; \mathcal{E} — электродвижущей силе источника; i — отклонении гальванометра при многократных разрядах; A — постоянной гальванометра, показание гальванометра будет:

$$Ai = n\mathcal{E} \frac{c_1}{v^2}.$$

С другой стороны, показание гальванометра i' можно найти, зная сопротивление r источника, r_s — шунта и r_g — гальванометра, тогда

$$Ai' = \frac{r_s}{rr_s + rr_g + r_g r_s}.$$

Из двух формул определяется v :

$$v = \sqrt{\frac{i'}{i} nc_1 \frac{rr_s + rr_g + r_g r_s}{r_s}}.$$

Вводя ряд поправок при определении емкости, А. Г. Столетов в 1881 г. указал величину v порядка $2,98-3 \cdot 10^{10}$ см/сек, близко совпадающую с результатом Эйртона и Перри.

Результаты опытов А. Г. Столетов не считал окончательными и достаточно точными, хотя они для того времени не имели себе равных. Он указывал, что основная ошибка измерения связана не с несовершенством метода, а с неточностью эталона ома, которым он пользовался, ибо ошибка в 1% в определении сопротивления приводит к ошибке в 0,5% в определении v .

При пользовании первоклассными приборами этот метод, по мнению А. Г. Столетова, позволит дать значение v с четырьмя точными значащими цифрами. К сожалению, вернуться к этим исследованиям А. Г. Столетова не удалось.

П. Н. Лебедев писал по поводу этой работы: «Впоследствии многие ученые пользовались указанным методом, и тончайшими определениями v мы обязаны ему. Те трудности, на которые А. Г. Столетов шел, взявшись за подобную работу, указывают на огромный интерес, который возбуждало в нем это таинственное равенство v скорости света, интерес, который заставил его создать физическую лабораторию, приспособленную для научных работ. С этой точки зрения все то, что было связано с его работой и что не вошло в его



*Р. А. Колли
(1845—1891).*

статью, составило эпоху в преподавании физики в Московском университете и в этом отношении поставило его примером для других русских университетов».

Характерно, что на Международной электрической выставке в Париже в 1881 г. А. Г. Столетов выставил свою работу как работу лаборатории, за что последняя получила диплом сотрудничества.

Ценность работы А. Г. Столетова состояла еще и в том, что он привлек к этому важнейшему вопросу теории Максвелла внимание своих учеников.

Р. А. Колли (1845—1891), один из старейших учеников А. Г. Столетова, продолжил его исследование в Казанском университете. Работая над исследованием электромагнитных колебаний, Р. А. Колли обратил внимание на возможность определения v Максвелла путем измерения емкости колебательного контура в электромагнитных и электростатических единицах. В 1885 г. в результате многочисленных экспериментов Колли нашел значение

$$v = 3,015 \cdot 10^{10} \text{ см/сек.}$$

Вопросы подтверждения и дальнейшего развития теории Максвелла занимали большое место и в творчестве многих учеников А. Г. Столетова. Наиболее полно эта работа представлена в творчестве Н. Н. Шиллера, показавшего справедливость гипотезы Максвелла о существовании токов

смещения и зависимости диэлектрической проницаемости от условий, в которых находится диэлектрик.

Первой научно-исследовательской работой, выполненной в лаборатории под руководством А. Г. Столетова, была работа его ученика и помощника Р. А. Колли. Она явилась основой магистерской диссертации Р. А. Колли «Исследование одного случая работы гальванического тока». В 1876 г. после защиты диссертации Р. А. Колли, по рекомендации А. Г. Столетова, занял кафедру физики в одном из старейших русских университетов — Казанском университете.

Научная деятельность Колли развернулась в основном в области утверждения и дальнейшего развития теории Максвелла.

А. Г. Столетов включал в программу подготовки молодых ученых обязательную двухгодичную командировку в лаборатории и научные центры Запада для того, чтобы молодые ученые «имели случай воспользоваться общением с великими учеными Запада и более или менее продолжительным пребыванием в той атмосфере уважения к науке и ее представителям, которая невольно охватывает в западных лабораториях и аудиториях». Поэтому некоторые экспериментальные работы его учеников были выполнены в лабораториях Гельмгольца, Кундта и других ученых.

Такую постановку в подготовке кадров профессоров А. Г. Столетов считал наиболее правильной для своего времени. «Приготовление профессоров по ныне действующей системе принесло богатые результаты, — писал он, — ...Из числа лиц, командированных Министерством и университетами по предмету физики с 1862 года, я не знаю ни одного лица (подчеркнуто Столетовым. — *Прим. авт.*), который бы не получил ученой степени и места в одном из университетов».

При этом А. Г. Столетов удваивал попечение о своих учениках, нередко помогал командированным своими личными средствами.

По рекомендательным письмам А. Г. Столетова двери заграничных лабораторий гостеприимно раскрывались перед его учениками. «Если выберете Страсбург — напишу Кундту, если Вас влечет к Гельмгольцу на его, быть может, последний семестр — напишем Гельмгольцу. Решительного совета я со своей стороны не делаю, хотя, вообще говоря, Страсбург считаю практичнее», — пишет он Михельсону 20 мая 1887 г.

Посылая своих учеников за границу, А. Г. Столетов продолжал руководить их работой. Они, как правило, работали в лабораториях Запада, руководствуясь письмами и инструкциями своего учителя. «Кундт настаивал, чтобы я проделал опыты Зилова, что мне очень не нравилось, — писал Гольдгаммер, — ...Ваше письмо подало мне мысль последовать Вашему совету и исследовать функции намагничивания хлористого железа при больших намагничивающих силах». В. Михельсону была рекомендована Гельмгольцем тема по акустике. Однако, просмотрев журналы, он обнаружил, что еще 9 лет назад эта задача была решена в этой лаборатории. Михельсон сам предложил работу по исследованию пламени бунзеновой горелки, ранее согласованную с А. Г. Столетовым. Руководитель охотно согласился с этим.

В инструкциях магистрантам Столетов предлагал, помимо исследовательской работы, ознакомиться с методами преподавания, физическими институтами ряда стран и новейшими достижениями физической науки. Приводим одну из таких инструкций, данную 20 апреля 1887 г. магистранту В. Михельсону.

«Господину Михельсону рекомендуется, избрав одну из лучших физических лабораторий Германии (Берлинскую или Страсбургскую, из коих последняя представляет ед-

ва ли не наибольшие удобства), посвятить себя преимущественно экспериментальным упражнениям и исследованиям, не развлекаясь слушанием теоретических курсов, исключая особенно выдающиеся, тем более, что теоретическая подготовка г. Михельсона весьма удовлетворительна.

Конечно, следует тем не менее присмотреться к порядкам и методам преподавания, что достигается без весьма большого труда, а также ознакомиться в свободное время с несколькими образцовыми физическими институтами и сродными учреждениями (Политехнический институт и астрофизическая обсерватория близ Берлина, Морская обсерватория в Гамбурге).

Наконец, полезно (всего удобнее в весенне-вакационное время) посетить Париж и ознакомиться с его наиболее замечательными и доступными учреждениями.

...При своих занятиях экспериментальной физикой г. Михельсон должен иметь в виду, с одной стороны, пополнить те пробелы по изучению основных классических приемов исследования, какие неизбежно остаются после занятий в русских лабораториях, вследствие неудовлетворительного состояния этих последних (с этой целью не следует пренебрегать и элементарными практическими курсами немецких институтов, насколько они могут быть полезны молодому русскому ученому); с другой стороны, следует избрать специальную тему для самостоятельного опытного исследования с одобрения директора института и разработать ее, насколько позволит время и обстоятельства». Наконец, А. Г. Столетов обращает внимание магистранта на необходимость ознакомления с последними достижениями в области электротехники, «насколько представится к этому случай и удобства». А через год Михельсон писал учителю: «Следуя, насколько это было возможно, Вашим любезным советам и указаниям, я успел осмотреть почти все, что намеревался и что было упомянуто Вами».



*Н. Н. Шиллер
(1848—1910).*

В заграничных лабораториях ученики А. Г. Столетова получали лишь экспериментальные данные; обработка их и написание диссертаций осуществлялись в Москве под непосредственным руководством А. Г. Столетова. «К 1 октября ст. ст. рассчитываю быть у Вас. Тогда засяду за писание работы», — писал Гольдгаммер 20 сентября 1887 г. из Страсбурга. Аналогичные примеры мы находим в письмах Зилова, Михельсона, Световидова и других.

В 1875 г. после защиты магистерской диссертации «Опытное исследование электрических колебаний» едет в Киевский универси-

тет ученик А. Г. Столетова—Н. Н. Шиллер (1848—1910). В Киеве он помогает Авенариусу основать физическую лабораторию, в которой, по примеру Столетова, возникает небольшая, но оригинальная физическая школа М. П. Авенариуса. Вскоре Н. Н. Шиллер возвращается в лабораторию А. Г. Столетова, где заканчивает экспериментальную часть докторской диссертации «Электромагнитные свойства концов разомкнутых цепей и диэлектриков», которую защищает в 1876 г.

В дальнейшем Шиллер получил известность своими многочисленными трудами по механике, оптике, электричеству и особенно по термодинамике, где он посвятил свои исследования главным образом теории растворов. Им же написаны 3 курса: «Основания физики» (1884), «Теория потенциальной функции» (1885) и «Элементы учения об электричестве» (1886). Всего Н. Н. Шиллером было написано 78

печатных работ, многие из которых содержат оригинальные и важные результаты.

П. А. Зилов (1850—1921), защитив магистерскую диссертацию «Опытное исследование диэлектрической поляризации в жидкостях», вскоре выполнил под руководством А. Г. Столетова исследование магнитных свойств жидкостей. В 1880 г. он защитил докторскую диссертацию «Опытное исследование магнитной поляризации в жидкостях». В 1884 г., после шестилетней работы в Московском техническом училище, П. А. Зилов перешел в Варшавский университет, где организовал физическую лабораторию и развернул плодотворную деятельность. Большой известностью пользовались учебники П. А. Зилова, особенно двухтомный «Курс физики», выдержавший в течение 20 лет 6 изданий. П. А. Зилов внес значительный вклад в область популяризации физики организацией и изданием журнала «Физическое обозрение».

В 1875 г. А. Г. Столетов привлекает к работе в лаборатории студента 2-го курса А. П. Соколова (1854—1928). В дальнейшем А. П. Соколов был оставлен для приготовления к профессорскому званию. В начале 1882 г., после заграничной командировки, он защитил магистерскую диссертацию «О гальванической поляризации электродов» и получил назначение в Варшавский университет, но уже через год возвратился в Московский университет. В 1884 г. А. П. Соколов начинает в лаборатории усиленную работу над докторской диссертацией «Опытное исследование электрических колебаний в электролитах», которую он защищает в 1886 г.



*П. А. Зилов
(1850—1921).*



А. П. Соколов (1854—1928).

Научная и педагогическая деятельность А. П. Соколова развернулась в основном в стенах Московского университета, где он продолжил работу в созданной Столетовым лаборатории, и позднее в стенах физического института. «Физический практикум» А. П. Соколова, изданный впервые в 1909 г., имеет широкое применение до настоящего времени.

Первый период научной деятельности (диссертации и ряд других работ) А. П. Соколов посвятил явлениям электролиза. Позднее, до конца жизни, он занимался вопросами радиоактивности, организовав радиологическую лабораторию и специальный практикум по радиоактивности (совместно с К. П. Яковлевым). Его перу принадлежат 43 печатных работы, 20 из которых касаются вопросов радиоактивности. Ученики А. П. Соколова продолжают и в настоящее время успешно работать в этой области.

В 1882 г. А. Г. Столетов занял освободившуюся кафедру экспериментальной физики. Передав кафедру теоретической физики и руководство лабораторией своему ученику и помощнику А. П. Соколову и оставив за собой руководство научной работой своих учеников, он, однако, находил время ежедневно бывать в ней, давал указания, а позднее, рассчитывая на расширение лаборатории, взял на себя часть практических занятий со студентами.

К 1882 г. лаборатория, по словам Д. А. Гольдгаммера, имела следующий вид: «Это были 5 светлых комнат. Из них одна маленькая (библиотека), а бывшая, вероятно, кухня

стала теперь передней и «химической». В этих трех комнатах помещались весы, магнитометр Гаусса, воздушный насос Гейслера, гальванометр Мейерштейна и т. д., а небольшой угол в первой мог быть отгораживаем черной драпировкой для опытов на спектроскопе Мейерштейна перед окном, выходившим на юг и позволявшим пользоваться гелиостатом». Расходы на лабораторию, насколько позволяли средства, отпускаемые кафедре, увеличились, и если на 1 января 1884 г. в лаборатории состояло 167 инструментов и 279 томов книг, а физический кабинет и лаборатория насчитывали 728 инструментов, то к 1896 г. в физическом кабинете и лаборатории насчитывалось 1249 приборов.

А. Г. Столетов решительно пересматривает сложившиеся курсы по экспериментальной физике, которые ранее читались одновременно для студентов физико-математического и медицинского факультетов и поэтому были крайне элементарными для первых.

С 1882 г. усилия А. Г. Столетова направляются на создание при Московском университете физического института и постановку образцового лекционного курса по экспериментальной физике, который он с большим успехом читал вплоть до конца своей жизни.

Первым шагом в направлении создания физического института было предложение А. Г. Столетова Совету университета о создании единого комплекса кафедры физики, состоящего из физической аудитории, лаборатории и кабинета, поскольку физическая лаборатория была организована, за недостатком места, отдельно от аудитории и кабинета. И хотя ни один из двух вариантов не был принят Советом университета, А. Г. Столетов не отступил от намеченных планов.

Хорошо зная постановку физического образования как в России, так и в Западной Европе, А. Г. Столетов 14 декабря 1883 г. выступил на заседании отделения физических наук

Общества любителей естествознания с докладом «Физические лаборатории у нас и за границей», где еще раз поставил вопрос о создании необходимых условий для научной работы по физике в России. С горечью отмечает ученый отставание России от Западной Европы, где в распоряжение физиков предоставлены богатые здания, приспособленные для преподавания и исследований.

А. Г. Столетов рисует мрачную картину состояния физических лабораторий и кабинетов в Петербургском, Казанском, Одесском, Варшавском, Харьковском университетах и в старейшем русском Московском университете, где «под физикой около 110 саж. в один этаж (не считая аудитории, которая принадлежит одной кафедре), вся коллекция теснится на 30 кв. саж. Эта сотня квадратных саженей представляет притом чересполосицу — два участка в двух разных домах, разделенных большими дворами и улицей...

Аудитория лишена солнечного света, почти лишена и дневного, имеет 140 мест — приблизительно для одной четверти наличного состава слушателей... и представляет как бы по особому заказу всевозможные неудобства. Коллекция бедна, и нужны многие тысячи, чтобы ее пополнить и облагородить...

...Обновление физических институтов, можно сказать, еще не началось у нас. Когда начнется?» — с горечью спрашивает ученый.

Только в 1884 г. А. Г. Столетов смог приступить к перестройке физической аудитории, на которую были отпущены необходимые средства. «И вот, благодаря познаниям, труду и настойчивости Александра Григорьевича, — писал А. П. Соколов, — физическая аудитория преобразовывается, делается скоро совсем неузнаваемой, образцовой: в настоящем ее виде ей могли бы позавидовать не только все физические аудитории русских университетов, но и многие

заграничные. Вместо полутемного, неуклюжего помещения мы имеем обширную, высокую и светлую залу, вмещающую в себе около 400 человек слушателей. Аудитория снабжена всеми необходимыми лекционными приспособлениями: газом, водой из городского водопровода, прекрасным электрическим освещением. Имеются большой гелиостат для солнечного света, газовый двигатель и динамо-машина для постоянных и переменных токов, большой экспериментальный стол, хорошо действующая система затемнения аудитории, экраны, доски и пр. Достаточно сказать, что во время последнего IX съезда естествоиспытателей и врачей в Москве в 1893—1894 гг. съехавшиеся к нам со всех концов России ученые, гости выражали единодушно свое удивление и восторг от нашей аудитории, и проф. Петербургского университета И. И. Боргман охарактеризовал ее одним словом — «чудная аудитория».

Однако А. Г. Столетов не оставляет мысли о создании физического института. В начале 1886 г. он и А. П. Соколов вновь просят факультет о расширении помещения физической лаборатории. Физико-математический факультет, по их просьбе, обращает внимание правления университета на необходимость постройки здания физического института или расширения имеющегося помещения лаборатории.

В сентябре 1886 г. А. Г. Столетов и А. П. Соколов повторяют просьбу, указывая, что лаборатория, рассчитанная ранее на 5—10 практикантов, должна теперь вмещать каждый семестр до 50 человек, чтобы они в некоторой мере выполнили новую программу.

Настоятельные просьбы ученых были удовлетворены только в 1887 г., когда площадь лаборатории была увеличена вдвое, а не в четыре раза, как они просили. Теперь лаборатория заняла весь второй этаж так называемого ректорского флигеля и одну комнату на первом этаже и состояла из кабинета профессора, библиотеки, лаборантской,



*В. С. Щегляев
(1841—1916).*

химической, фотографической, трех комнат для студенческих работ и механической мастерской. В лаборатории могли заниматься одновременно 35 практикантов, тем не менее она не могла еще охватить занятиями всех студентов математического отделения. Поэтому к занятиям допускались лишь студенты, прослушавшие весь экспериментальный курс.

Физический практикум подразделялся на общий и специальный. К последнему допускались лишь студенты 7—8 семестров, удовлетворявшие повышенным требованиям, в частности хорошо владевшие французским

и немецким языками.

В 1895 г. лаборатории, по ходатайству А. Г. Столетова и А. П. Соколова, было передано еще несколько комнат, но мечта Столетова об организации физического института при Московском университете так и не осуществилась при его жизни.

Однако вернемся к школе А. Г. Столетова.

В 80-х годах столетовский кружок пополнился новыми членами. В 1880 г. Столетов ходатайствует об оставлении при университете окончившего курс В. С. Щегляева.

После защиты диссертации В. С. Щегляев был направлен на работу в Московское техническое училище, где и протекала значительная часть его деятельности. Он известен в истории физики по своим работам, касающимся экспериментальной проверки основных положений

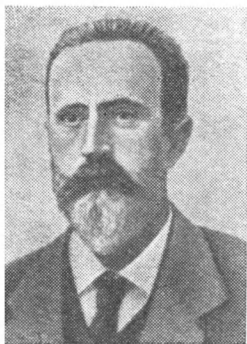
теории Максвелла. Им написан также учебник по физике, включающий учение об электричестве и физику динамо-машины. В. С. Щегляев являлся одним из активнейших членов физического отделения Общества любителей естествознания. В 1904 г. под его руководством был основан при техническом училище электрофизический институт.

В 1882 г. А. Г. Столетов добивается оставления при кафедре двух активных членов кружка — Д. Гольдгаммера (1860—1922) и Б. Станкевича (1860—1917), а в 1883 г. — Михельсона (1860—1927). Под руководством А. Г. Столетова молодые физики энергично занимаются исследованиями, работают в лаборатории со студентами. «Собралась в лаборатории целая школа второй т. с. эпохи», — вспоминал Д. А. Гольдгаммер.

К 1885 г. Д. Гольдгаммер и Б. Станкевич сдают магистерские экзамены и на два года командироваются за границу. В 1887 г. командировается за границу и Михельсон. После командировки Станкевич получает назначение в Варшавский университет, где уже работал другой ученик А. Г. Столетова — П. А. Зилов. С 1900 по 1911 г. Станкевич работал в Одесском университете. В 1911 г. он был переведен в Московский университет. Станкевич примыкал к правому крылу профессуры. Известен в истории физики как автор ряда работ по кинетической теории газов и теплоты и учебника «Теория электромагнитного поля», выдержавшего несколько изданий.



*Д. А. Гольдгаммер
(1860—1922).*



*В. А. Михельсон
(1860—1927).*

рядом с П. А. Зиловым, продолжил усилия учителя по распространению физических знаний в широких слоях русского общества. Перу Гольдгаммера принадлежит также ряд учебников для высшей школы.

В. А. Михельсон начал свои исследования по физике горения в лаборатории Гельмгольца. Однако ввиду тяжелой болезни представил магистерскую диссертацию только в сентябре 1894 г. В судьбе этого ученого А. Г. Столетов принял наибольшее участие. Можно без преувеличения сказать, что А. Г. Столетов спас Михельсона для науки. В самое тяжелое для Михельсона время он оказывал ему постоянную помощь и словом участия, и материально, несколько раз навещал его в горах Швейцарии, где Михельсон лечился, неоднократно добивался продления ему платного отпуска.

По совету А. Г. Столетова, Михельсон дважды представляет свои работы на соискание мошнинской премии и оба раза они, прокорректированные Столетовым, были признаны лучшими.

Д. А. Гольдгаммер, защитив магистерскую диссертацию «О влиянии магнитного поля на физические свойства металлов, особенно на их электропроводность» в 1888 г., полтора года работал ассистентом своего учителя и в 1890 г. был рекомендован А. Г. Столетовым на должность приват-доцента Казанского университета. Его научная деятельность развернулась в основном в области уточнения и углубления электромагнитной теории света Максвелла, в области перевода на электромагнитный язык всего здания современной оптики. Из учеников А. Г. Столетова Гольдгаммер, на-

Столетов держит Михельсона в курсе работ по физике в России и за границей, посылает ему книги, журналы, диссертации, знакомит со своими работами, работами Щеглева, Лебедева, Гольдгаммера и других ученых. Сообщая о результатах опытов над актиноэлектрическими токами в разреженных газах и затрудняясь объяснить закон о максимуме тока, Столетов спрашивает: «Не придет ли Вам в голову какая-нибудь идея?»

Немного поправившись, Михельсон уже в Швейцарии приступил к научной работе. Он готовит статью по актинометрии, пытается восстановить приоритет Н. А. Умова в вопросе о движении энергии, готовит к защите диссертацию. А. Г. Столетов и здесь оказывает ученому всемерную поддержку.

«В конце диссертации, — пишет он 9 мая 1894 г., — Вы сформировали из нее вытекающие (подч. А. Г. Столетовым. — *Прим. авт.*) тезисы. Но я непременно советую расширить область тезисов, прибавив и те, какие следуют из прочих Ваших работ — спектральной, калориметрической и даже, пожалуй, из философской (о многообразии теории)». А неделей позднее Столетов развивает свою мысль: «Весьма можно (и советую) поставить тезисы из будущей работы о световом трении, — конечно, изложив их так, чтобы было понятно незнакомым с этой работой».

Одновременно А. Г. Столетов хлопочет относительно устройства Михельсона на работу в один из университетов страны, учитывая состояние его здоровья. Когда же Михельсон поправился настолько, что мог довести до конца свою монографию, А. Г. Столетов просит факультет возвести его прямо в степень доктора потому, что диссертация представляет «выдающийся труд».

16 сентября 1894 г. Михельсон защитил диссертацию о нормальной скорости воспламенения горючих газов и

приступил к педагогической работе в сельскохозяйственной и лесной академии, где продолжил работу Р. А. Колли по изучению солнечной радиации.

В области научной деятельности, помимо вопросов физики горения, Михельсону принадлежат важные исследования по изучению распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. В этом вопросе Михельсон является одним из выдающихся предшественников Планка; Михельсону принадлежат также работы по обоснованию второго начала термодинамики и принципа Допплера. Михельсон является автором известного учебника физики, не потерявшего значения до настоящего времени.

О стиле руководства А. Г. Столетова своими учениками говорит Д. А. Гольдгаммер в своих воспоминаниях. «Мы являлись в физическую лабораторию, зная много теории, но не имели в руках не только ни одного физического прибора, но и не умели зарядить элемента. Столетов лично целые утра проводил с нами, устанавливая сам приборы, уча делать наблюдения.

Евграф Иванович Брюсов являлся ему в этом деятельным помощником. Умение Столетова не только самому быстро ориентироваться, но и учеников вводить сразу в курс дела доказывается тем, что те же ученики, которые вступали в лабораторию, не умея ни за что взяться, через год принимались за самостоятельные эксперименты, за обучение новых учеников. И в этой области, в роли учителя Столетов стоял одинаково высоко с лучшими европейскими учеными».

Будучи исключительно внимательным к нуждам учеников, А. Г. Столетов в то же время оставался взыскательным и требовательным руководителем, особенно когда дело касалось интересов науки. Его суровый отзыв о докторской диссертации Д. А. Гольдгаммера подтверждает это.

В 1889 г., через год после магистерской, Гольдгаммер пред-

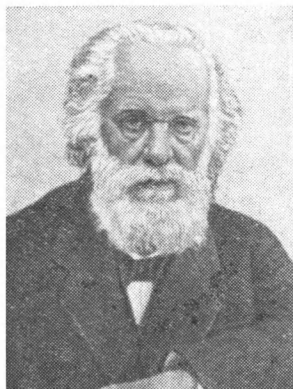
ставил в Московский университет докторскую диссертацию. Она касалась частного вопроса, затронутого в магистерской диссертации. А. Г. Столетов упрекает автора диссертации в том, что он крайне сузил тему, выбрав в качестве объекта исследования один только никель. «Несмотря на значительный потраченный труд, — пишет он, — диссертация производит впечатление неутешительное. Видно, что автор торопился, что он сам охладел к избранной теме, что он не счел нужным подвергнуть свой труд окончательному пересмотру».

Придавая важное значение магистерским диссертациям как первым шагам в научной деятельности молодых ученых, А. Г. Столетов очень тщательно относился к разбору диссертаций и не полагался на одно только собственное суждение. По воспоминаниям А. П. Соколова, все диссертации рассматривались сообща и спорные вопросы подвергались особо тщательному разбору. Если у А. Г. Столетова складывалось отрицательное мнение о диссертации, запрашивалось мнение других ученых (например, в истории с диссертацией Б. Б. Голицына), причем он всегда был готов открыто признать свою ошибку, если она действительно была допущена.

В 1892 г. закончил математическое отделение физико-математического факультета студент Н. П. Кастерин (1869—1947). По просьбе А. Г. Столетова способный кандидат был оставлен при кафедре для приготовления к профессор-



*Н. П. Кастерин
(1869—1947).*



*Н. А. Умов
(1846—1915).*

скому званию. Одновременно Кастерин вступил в число лаборантов физической лаборатории. С конца 1895 г., в течение полугода, он исполнял обязанности ассистента. Командирование Кастерина за границу вызвало неожиданные затруднения. А. Г. Столетов в неоднократных заявлениях просит оказать магистранту материальную помощь; вознаградить за исполнение обязанностей ассистента; выделить ему пособие для заграничной командировки в 600 руб.; возобновить ходатайство о командировании его за границу с содержанием из сумм Министерства просвещения.

Усилия руководителя увенчались успехом. С 1896 по 1899 г. Кастерин находился в заграничной командировке. Результатом его работы здесь и на родине явилось капитальное исследование «О распространении волн в неоднородных средах», за которую ему была сразу присуждена степень доктора физики.

С 1892 по 1896 г. Кастерин выполнял ряд работ по изучению зависимости сил сцепления и поверхностного натяжения жидкостей от температуры и разработал теорию измерения капиллярной постоянной по размерам капли. Плодотворная деятельность Н. П. Кастерина развернулась с 1906 по 1922 г. в Одесском университете, позднее в Москве, в Институте физики МГУ и в других научных учреждениях.

Большое место в научном творчестве Н. П. Кастерина занимают работы по обобщению уравнений электромагнитного поля, уравнений аэродинамики и математической

теории термической устойчивости керамических труб. Последняя работа имеет большое практическое значение.

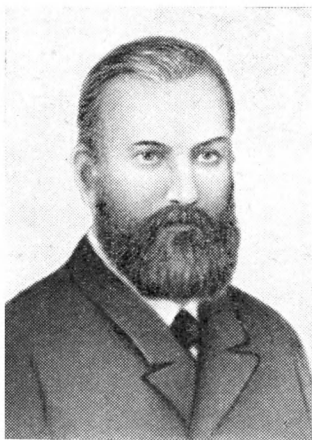
Однако ученые-физики, о которых здесь было рассказано, далеко не исчерпывают перечень учеников А. Г. Столетова. Его благотворное влияние испытали на себе многие другие ученые-физики, математики, механики и электротехники, сотрудники по лаборатории и отделению физических наук Общества любителей естествознания.

Многие из них с гордостью называли себя учениками А. Г. Столетова. К ним можно отнести Н. А. Умова, П. В. Преображенского, В. К. Скржинского, В. И. Ребикова, С. П. Световидова, П. Н. Лебедева, Н. Е. Жуковского, Н. А. Шапошникова, А. И. Ливенцева, И. С. Громека, П. М. Покровского, болгарина М. Бачеварова и многих других.

А. Г. Столетов не терял возможности привлечь для работы в университете и лаборатории талантливую молодежь, получившую образование вне стен университета, и уже известных, сложившихся ученых. Он привлекает для работы в лаборатории воспитанников Кундта: Б. Б. Голицына, В. А. Ульянина и В. Ф. Лугинина, которому уступает комнату физической лаборатории для его термодинамических опытов. Позже А. Г. Столетов совместно с К. А. Тимирязевым, В. В. Марковниковым и А. П. Соколовым добивается его зачисления в университет сначала приват-доцентом, а позже профессором.



*В. Ф. Лугинин
(1834—1911).*



*Н. Е. Жуковский
(1847—1921).*

В 1891 г. А. Г. Столетов устроил лаборантом вернувшегося из-за границы П. Н. Лебедева. Уже в 1892 г. вместе с Ульяниным и Преображенским Лебедев сдает при университете магистерские экзамены. Оценив его выдающиеся способности, Столетов в начале 1896 г. рекомендовал П. Н. Лебедева в число приват-доцентов университета.

П. Н. Лебедев явился продолжателем дела А. Г. Столетова по дальнейшему расширению научно-исследовательской работы и подготовке кадров физиков для высших учебных заведений страны. Созданная им уже более крупная школа физиков ведет свое начало

также из лаборатории А. Г. Столетова.

А. Г. Столетов внимательно следил за работой своих учеников, гордился их успехами и успехами русской физики. Ученые всех университетов страны, энтузиасты науки обращались к нему, как к признанному главе русской физики, вели с ним оживленную переписку, присылали ему оттиски своих работ, делились радостями и неудачами в своей работе, просили помощи и советов.

Так, к нему обращается Вильд, директор Главной физической обсерватории, с просьбой «оказать содействие к присканию подходящего лица для занятия должности физика Главной физической обсерватории».

А. Будилович из Юрьевского университета пишет: «Я позволю себе обратиться к Вам, как самому известному русскому специалисту по этой науке, с покорнейшей и кон-

фиденциальной просьбой рекомендовать на означенную кафедру (физики.—*Прим. авт.*) нескольких кандидатов».

В оживленной переписке с А. Г. Столетовым находился П. Бахметьев из Софийского университета. «Ваши заслуги в области науки настолько известны как в России, так и в Европе, — пишет он, — что я осмеливаюсь просить Вас прислать Вашу фотографию, которая будет украшением нашей лаборатории и предметом внимания наших студентов». Получив 12 учебников



*П. Н. Лебедев
(1866—1912).*

А. Г. Столетова, присланных им по просьбе Бахметьева студентам Софийского университета, Бахметьев пишет: «Я и Ваш бывший ученик М. Бачеваров рекомендовали Ваш учебник нашим студентам как единственный, существующий на русском языке, — языке, более доступном нашим студентам». И тут же сообщает Столетову о своих работах по изучению земных электрических токов.

Сотни писем, хранящихся в научной библиотеке МГУ, архиве Академии наук СССР и других учреждениях дают представление об обширной переписке А. Г. Столетова с русскими и зарубежными корреспондентами. Из множества примеров мы привели лишь наиболее характерные. А. Г. Столетов находил время ответить одним, помочь другим, навестить третьих.

В марте — апреле 1895 г. он навестил в Киевском университете своего ученика Н. Н. Шиллера. Киевские ученые устроили восторженный прием А. Г. Столетову. Здесь,

в Киеве, на заседании Физико-математического общества 6 апреля А. Г. Столетов прочел реферат о новых опытах П. Н. Лебедева по двойному преломлению электрических лучей. 27 марта, отступив от заведенных порядков, не путем обычной баллотировки, а при единодушных аплодисментах, киевские физики избрали его действительным членом Общества. А через месяц, 25 апреля, А. Г. Столетов таким же порядком был избран в почетные члены Общества. В телеграмме А. Г. Столетову киевские физики писали: «Киевское физико-математическое общество, глубоко ценя Вас как выдающегося представителя науки и как основателя обширной школы русских физиков (подчеркнуто нами. — *Прим. авт.*), чтя Вашу неутомимую энергию в борьбе за научные идеалы, единодушно и единогласно избрало Вас своим почетным членом».

Так же высоко оценили эту сторону деятельности А. Г. Столетова и московские физики. В 1889 г. на обеде, данном в честь А. Г. Столетова физическим отделением Общества любителей естествознания, Н. Е. Жуковский от лица московских физиков говорил: «Более половины профессоров физики — Ваши ученики. Все выросли до ученых под Вашим руководством. Вы направляли их исследования, указывали им более целесообразные расположения их наблюдений. Вы заботились о своих учениках до мелочей». В конце речи Н. Е. Жуковский отмечает, что все русские ученые считают А. Г. Столетова «основателем школы русских физиков».

Через семь лет Н. Е. Жуковский, выступая на объединенном заседании Общества любителей естествознания, посвященном памяти А. Г. Столетова, особо подчеркнул, что высокое значение деятельности А. Г. Столетова заключалось не только в его всемирно известных научных работах, но и «главным образом в его деятель-

ности как создателя и главы обширной школы русских физиков».

К концу XIX в. московская школа распространила свое влияние на пять из семи русских университетов, в которых кафедры физики возглавляли ученики А. Г. Столетова: Московский, Казанский, Киевский, Варшавский, Новороссийский, а также Петровскую сельскохозяйственную академию, Московское техническое училище и другие высшие учебные заведения страны. Учениками Столетова были написаны десятки учебников для высшей школы; его ученики принимали систематическое участие в физических журналах, съездах, обществах и в методической работе по физике.

Насколько широким было влияние школы А. Г. Столетова на развитие русской физики, говорит следующий характерный факт. На XI съезде естествоиспытателей и врачей в Петербурге все пять обзоров по физике были прочитаны учениками Столетова — Шиллером, Зиловым, Соколовым, Гольдгаммером и Михельсоном; из двух речей по физике обе были прочитаны учениками Столетова — Умовым и Гольдгаммером. Если обратиться к международным съездам, то можно также увидеть, что русскую физику, как правило, представляли Столетов и его ученики.

Таким образом, А. Г. Столетов первый в Московском университете организовал систематическую подготовку научных кадров по физике, создав для этого необходимые условия на родине, организовал первую аспирантуру. В своей научной работе его ученики разрешали животрепещущие вопросы физики того времени. Школа А. Г. Столетова явилась достойной преемницей передовых традиций русской физики, ведущих свое начало от М. В. Ломоносова.

ПРОПАГАНДИСТ И ПОПУЛЯРИЗАТОР НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Круг интересов А. Г. Столетова не замыкался его университетской деятельностью. Он выступил в эти годы страстным пропагандистом и популяризатором научных знаний среди широких слоев народа, продолжив замечательные традиции передовых деятелей естествознания, участвовал в работе Общества испытателей природы, Общества любителей естествознания, Русского физико-химического общества, съездов русских естествоиспытателей и врачей. Он был также непременным представителем русской науки за границей.

В 1873 г. А. Г. Столетов впервые выступил с популярной статьей в журнале «Природа», посвятив ее научной деятельности своего учителя Кирхгофа. В 1879 г. в издании Московского университета вышла его обширная работа «Очерк развития наших сведений о газах», являющаяся классическим образцом историко-физического исследования. А. Г. Столетов и в более позднее время дал замечательные образцы исторических работ, посвященных Леонардо да Винчи, Ньютону и др. С 1882 по 1894 г. А. Г. Столетов выступил с четырьмя полемическими статьями «О критическом состоянии тел», позволившими отстоять теоретические положения Ван дер Ваальса, Клаузиуса и Максвелла, а также результаты экспериментов М. П. Авенариуса и его учеников от различных «возражений» и «новых фактов». Указанные выступления А. Г. Столетова были популярными, но далеко не общедоступными.

С 1881 г. начинается новый период деятельности А. Г. Столетова, связанный с руководством физическим отделением Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии и отдела прикладной физики в Политехническом музее. Общество любителей естествознания было

основано профессорами Богдановым, Давыдовым и Щуровским в 1863 г. Его физическое отделение длительное время возглавлял профессор А. С. Владимирский, человек, влюбленный в свое дело, энтузиаст популяризации науки. Однако А. Г. Столетов в это время мало бывал на заседаниях отделения. По этому поводу А. П. Соколов писал: «... занятия физического отделения носили более прикладной, чем теоретический характер, и представляли мало интереса для людей чистой науки, и вообще вся деятельность музея не отличалась особым оживлением: при отделе существовала лишь одна комиссия прикладной физики, где вопросы теоретической физики совсем не затрагивались». Не было случайным и то обстоятельство, что многие известные физики того времени не являлись членами Общества.

Беден был и отдел прикладной физики Политехнического музея. В нем имелась коллекция приборов, случайно приобретенных и частью даренных еще с выставки 1872 г. Приборов для научной работы почти совсем не было.

Выбранный председателем физического отделения Общества любителей естествознания и директором отдела прикладной физики Политехнического музея, А. Г. Столетов решительно пересматривает работу отделения и отдела. Помимо существовавшей ранее комиссии прикладной физики, по предложению А. Г. Столетова и В. В. Марковникова были созданы вскоре физико-математическая, призванная «следить за успехами физико-математических знаний и содействовать разработке текущих вопросов в этой области преимущественно со стороны чисто научной», и физико-химическая, которая в дальнейшем составила ядро химического отделения Общества. Ядро же Физико-математического общества составили ученики А. Г. Столетова, члены физического кружка. «Он пришел сюда, так сказать, вместе со своим войском», — говорил Н. Е. Жуков-

ский на заседании Общества, посвященном памяти А. Г. Столетова. Деятельность комиссии прикладной физики была направлена на разработку вопросов электрического освещения и передачи электрической энергии. В ее работе, помимо А. Г. Столетова, принимали участие многие его ученики: его неизменный помощник И. Ф. Усагин, механик В. И. Ребиков, В. К. Скржинский и многие другие. Вопросы теории электричества занимали центральное место и в работе физико-математической комиссии.

С приходом А. Г. Столетова в члены Общества вступали все новые и новые деятели естествознания. В отличие от Общества испытателей природы, с которым Александр Григорьевич вскоре порвал, единственным качеством, которому должен был удовлетворять вступающий, являлась любовь к науке.

В члены отделения в эти годы вступают И. Ф. Усагин, один из пионеров электрического освещения В. И. Ребиков и многие другие. А. Г. Столетов не теряет ни одной возможности привлечь в Общество новые силы. В одном из писем известному юристу Б. Н. Чичерину, занимавшемуся самообразованием по физике, А. Г. Столетов после ответов на многочисленные вопросы по физике пишет: «Не могу ли предложить Вас в члены М. Общества любителей естествознания (где Вы присутствовали при рефератах Хрущева и Ульянина)». И Чичерин не только вступает в члены Общества, но и пишет вскоре оригинальное сочинение «Системы химических элементов». «Физическое общество, — писал К. А. Тимирязев, — сделалось сборным местом для всего молодого, живого, интересующегося точным естествознанием в области механики и математики, физики и астрономии, химии и физиологии».

Физико-математическая комиссия и комиссия прикладной физики собирались еженедельно по очереди в Политехническом музее. Здесь слушались рефераты о новых

иностранных работах; с сообщениями о своих исследованиях выступал А. Г. Столетов и его ученики; здесь обсуждались многие вопросы педагогического характера. Н. Е. Жуковский в своих воспоминаниях говорил, что «особенно любил он (А. Г. Столетов. — *Прим. авт.*) праздничные заседания, когда в Москву съезжались иногородние ученые и его ученики: Шиллер, Гольдгаммер, Зилов и другие — и заводились живые споры по различным вопросам физики».

Однако наибольшее внимание А. Г. Столетов обращал на публичные заседания физического отделения, в которых знаменитые московские ученые читали общедоступные лекции. Часто выступал с такими лекциями и сам А. Г. Столетов. 14 декабря 1883 г. на публичном заседании отделения физических наук Общества любителей естествознания А. Г. Столетов выступил с сообщением «Физические лаборатории у нас и за границей». 20 декабря 1887 г. на объединенном заседании Общества любителей естествознания и Московского математического общества он выступил с речью «Жизнь и личность Ньютона», дважды выступал с сообщениями («Об актино-электрических явлениях» и «По поводу опытов Томсона») в 1890 г. и один раз в 1891 г. («О фотографии солнечного спектра в натуральных цветах»).

Об этих заседаниях Н. Е. Жуковский писал: «А. Г. являлся душой этих заседаний и как умел их устраивать! Все было продумано, заранее подготовлено и на своем месте. А. Г. был строг к соучастникам заседаний, которым не раз от него доставалось, но на него никто не обижался, потому что каждый знал, что под его руководством успех дела обеспечен. А. Г. не упускал случая пользоваться для публичных заседаний Общества приезжающими в Москву учеными, особенно часто выступал на его публичных заседаниях его друг А. И. Воейков».

С 1884 г. под редакцией А. Г. Столетова начинают издаваться «Труды отделения физических наук Общества любителей естествознания».

Члены физического отделения во времена А. Г. Столетова проводили большую работу и вне стен Политехнического музея. Они участвовали в устройстве электрического освещения на площадях Москвы, помогали в организации Всероссийской промышленно-художественной выставки, разрабатывали правила техники безопасности при работе с электрическими сетями высокого напряжения и пр.

Большую работу проводил А. Г. Столетов и в отделе прикладной физики Политехнического музея, который с этого времени становится центром популяризации науки. А. Г. Столетов, несмотря на скудные средства, отпускаемые отделу физики, приобрел для него ряд ценных приборов, таких, как фонарь Дюбоска, катушка Румкорфа и др. Ученики А. Г. Столетова использовали экспериментальное оборудование музея для своей научной работы. А. Г. Столетов устроил в музее электрическое освещение в то время, когда оно в Москве еще почти не применялось. Вскоре физический кабинет Политехнического музея становится образцовым для всей России. По примеру А. Г. Столетова образцовый физический кабинет и Политехнический музей были созданы позднее его учеником П. А. Зиловым в Киеве. Эти кабинеты были не только местом популяризации физики среди широких слоев населения, но и рассадником новых методов ее преподавания в средней и высшей школе.

Серьезная реорганизация была проведена и в аудитории музея. В частности, она также была электрифицирована и приспособлена для демонстрации опытов по физике и электротехнике. В этой аудитории выступали замечательные популяризаторы науки: В. В. Марковников, К. А. Тими-

рязов, Н. Е. Жуковский, А. Г. Столетов, его ученики и многие другие ученые.

30 ноября 1882 г. в день десятилетия Политехнического музея А. Г. Столетов сделал публичный доклад «Электрооптические опыты», в котором ознакомил слушателей с большим кругом электрических и электрооптических явлений, электрическим освещением, вращением плоскости поляризации света в магнитном поле, свечением в разреженных газах и др. Доклад сопровождался замечательными демонстрациями, подготовленными И. Ф. Усагиным.

В 1889 г., отказавшись от должности директора отдела, А. Г. Столетов сдал его, по словам преемника А. Репмана, в «отличном порядке».

Несколько позже, занятый исследованиями фотоэлектрического эффекта, А. Г. Столетов уходит с поста председателя физического отделения. Его деятельность на этом посту была высоко оценена членами Общества. В 1884 г. он был удостоен Большой золотой медали Общества, а в 1886 г. был избран его почетным членом.

На объединенном заседании Общества любителей естествознания и его отделения физических наук в 1898 г., посвященном памяти А. Г. Столетова, его преемник на посту председателя Н. Е. Жуковский говорил: «Александр Григорьевич не был в прямом смысле основателем физического отделения Общества любителей естествознания. Это отделение открылось до председательства Столетова. Но тот оживотворяющий дух, которым живет и будет жить физическое отделение, вложен в него Александром Григорьевичем, поэтому, возлагая венок на преждевременную могилу нашего бывшего председателя, мы написали на нем: «А. Г. Столетову — создателю физического отделения Общества любителей естествознания».

А. Г. Столетов принимал деятельное участие в работе съездов русских естествоиспытателей и врачей, общие соб-

рания которых также являлись местом популяризации естественно-научных знаний. Выдающиеся русские ученые Д. И. Менделеев, П. А. Костычев, Н. Д. Зелинский, В. В. Докучаев, Н. А. Умов, П. Н. Лебедев и другие не раз выступали на общих собраниях этих съездов.

В 1876 г. А. Г. Столетов выступил на V съезде русских естествоиспытателей и врачей с сообщением о своей работе по определению отношения электромагнитных и электростатических единиц. Через 14 лет, 3 января 1890 г., на общем собрании VIII съезда А. Г. Столетов прочитал лекцию «Эфир и электричество», в которой в общедоступной форме блестяще изложил основы электромагнитной теории света Максвелла и опыты Г. Герца.

При подготовке и проведении IX съезда русских естествоиспытателей и врачей А. Г. Столетов возглавил его физическую секцию. В работе секции принимали участие почти все члены кафедры физики, руководимой Столетовым. Поскольку работа секции проходила в университете, А. Г. Столетов предложил, помимо утренних заседаний, посвященных работам членов секции, устраивать послеобеденные заседания для обзора новостей физики и физических демонстраций по ним. «Сюда стекалось столько членов и публики, — писал А. Г. Столетов Михельсону, — сколько влезет, и думаю, что многие москвичи записались в члены именно ради этого. Всего было 4 таких демонстрационных заседания, всегда при полной аудитории, а именно: I) Дифракционные решетки Роданда и карты спектра (Столетов), опыты Тесла (Щегляев), разряды в трубках без электродов (Брюсов), опыты с сильными переменными токами (Лебедев) — между прочим опыт д'Арсонваля, нечто вроде безопасного самоубийства. II) Опыты Любимова — к физике падающей и брошенной системы, к учению об атмосферном давлении (Любимов), биения верхних тонов (Столетов), динамо-машина с двухфазными и трехфазными токами

(Боргман), анализ звуков по методике Фрёлиха (Лебедев). III) Систематическое изложение и демонстрация главных опытов Герца (Лебедев). IV) Цветные фотографии Липпмана (Столетов), фонограф Эдисона (Блох)».

Особым успехом на этих заседаниях пользовались выступления П. Н. Лебедева о знаменитых опытах Герца, сопровождаемые мастерски поставленными демонстрациями, Столетова и Блоха о фонографе Эдисона.

Вот как описывает Александр Григорьевич эти лекции в письме В. А. Михельсону: «Теперь о наших новостях — прежде всего об эдисономании трех последних дней.

Здесь у Блоха есть самый последний тип фонографа, один из двух экземпляров в Европе ...

Я пригласил его демонстрировать студентам в течение трех вечеров, пуская каждый по 400—500 студентов. (Преимущественно слушателей физики.) Успех вышел колоссальный — нечто небывалое. Представьте себе битком набитую аудиторию. Начинаю я кратким объяснением (около получаса), с рисунками в приложении. Затем перед ними поочередно раздаются — соло на кларнете, декламация Южина, пение Nikita, английская сцена со свистом и хохотом и пр., пр. Затем начинаем творить новые фонограммы: певица поет романс, граф Толстой *films* (студент) играет на балалайке, студены поют «Вниз по матушке по Волге» и «Gaudeamus», все это по очереди записываем и воспроизводим. В заключение всего я прокричал по-английски фонограмму к Эдисону (она будет ему переслана) и отправил от имени профессоров и студентов телеграмму ему же.

Удивительное зрелище представляла аудитория в эти три вечера (8—11 ч.). Энтузиазм беспредельный; досталось и Блоху и мне! Теперь мы на шумели на всю Москву; последние вечера к нам ломились уже посторонние лица. А снаряд действительно волшебный!»

Оценивая работу физической секции и популяризаторской деятельности А. Г. Столетова, К. А. Тимирязев писал: «Не только учащиеся в университете, но и вся образованная московская публика могла не раз в стенах этой аудитории знакомиться с великими научными открытиями через несколько недель после их появления, и в такой обстановке, какой могли бы позавидовать Берлин, Париж или Лондон. Опыты же Герца и Тесла, фонограф Эдисона и спектры Роланда, цветная фотография Липпмана и радиография Рентгена — со всеми этими открытиями могли своевременно ознакомиться университет и Москва, не затрачивая на это миллионы, благодаря энергии Александра Григорьевича, не жалевшего ни времени, ни трудов, ни хлопот. Это было красноречиво засвидетельствовано во время IX съезда естествоиспытателей, когда профессор Боргман благодарил Александра Григорьевича от лица членов съезда «за беспримерно блистательную организацию заседаний».

Наряду с публичными выступлениями по различным вопросам науки и ее новейших достижений, «представляющих образцы блестящего изящного изложения самых сложных, труднодоступных пониманию публики, новейших завоеваний науки», А. Г. Столетов уделял большое внимание ознакомлению слушателей и читателей с «гигантами научной мысли» — Леонардо да Винчи, Ньютоном, Кирхгофом и Гельмгольцем, жизнью и деятельностью выдающихся отечественных ученых. Им написаны биографические очерки о С. В. Ковалевской, Р. А. Колли и М. П. Авенариусе.

В 1891 г. А. Г. Столетов явился одним из организаторов цикла лекций профессоров Московского университета, посвященных 70-летию со дня рождения почетного члена Московского университета, знаменитого физика Г. Гельмгольца, 70-летний юбилей которого отмечала научная об-

ственность Европы и Америки. 4 апреля 1891 г. А. Г. Столетов выступил в физической аудитории университета с публичной лекцией «Г. ф-Гельмгольц (биографический очерк и общая характеристика)»; 7 апреля — с лекцией «Работы Гельмгольца по акустике», которая была продолжена и закончена 11 апреля. 16 ноября 1894 г., вскоре после смерти Г. Гельмгольца, А. Г. Столетов выступил на заседании Общества любителей естествознания с обширной речью «Гельмгольц и современная физика». 21 декабря 1895 г. А. Г. Столетов в последний раз выступил перед широкой публикой в Московском обществе любителей художеств с сообщением «Леонардо да Винчи как естествоиспытатель».

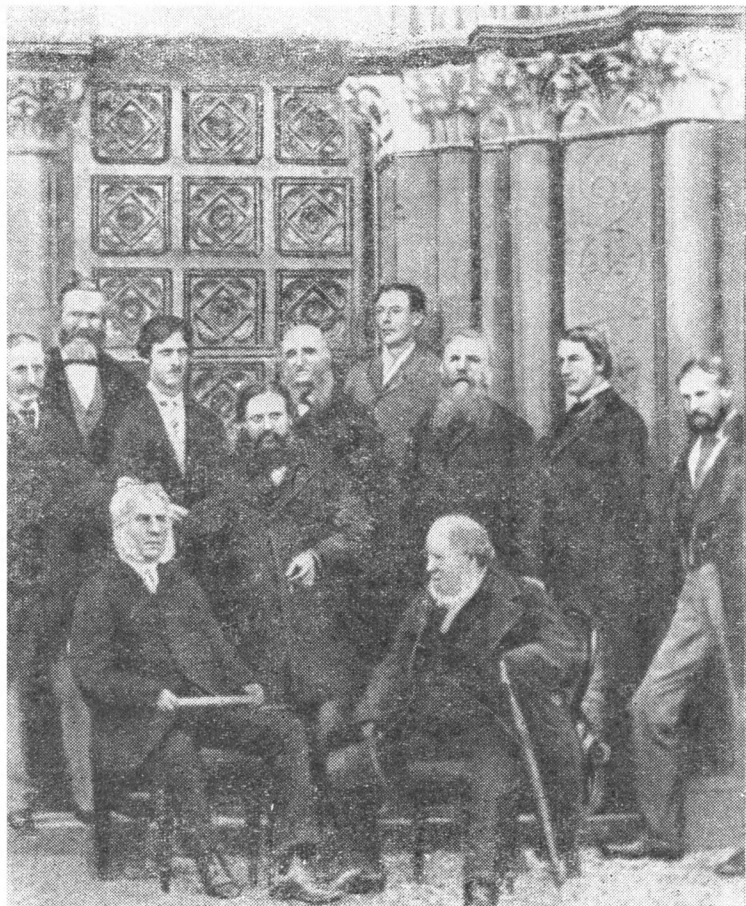
Очень высоко оценил эту сторону деятельности А. Г. Столетова К. А. Тимирязев:

«Я полагаю, что не ошибусь, сказав, что найдется немного книг, из которых образованный читатель мог бы в такой доступной, глубоко продуманной и в то же время художественной форме узнать, что такое наука, что такое великий ученый.

При оценке этих произведений эпитет «художественное» невольно напрашивается рядом с эпитетом «глубокое».

ДОСТОЙНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ РУССКОЙ ФИЗИКИ ЗА ГРАНИЦЕЙ

Работы А. Г. Столетова по магнетизму сделали его имя известным далеко за пределами России. Летом 1874 г. английские физики приглашают Александра Григорьевича на торжественное открытие физической лаборатории, пожертвованной Кембриджскому университету известным физиком и канцлером университета В. Кавендишем. Здесь состоялось личное знакомство А. Г. Столетова со многими



А. Г. Столетов (стоит четвертый слева) среди английских физиков.

известными английскими учеными, в том числе с создателем электромагнитной теории света Максвеллом.

Летом 1881 г. А. Г. Столетов представлял русскую науку на конгрессе электриков в Париже, работавшем с 15 сентября по 1 октября одновременно с международной электрической выставкой. На конгрессе, помимо общих заседаний, работали три секции по специальным вопросам: научная, телеграфная и железнодорожная — и секция «прочих приложений электричества». А. Г. Столетов выбрал первую, научную секцию, которой предстояло разрешить важнейший вопрос о международных единицах электрических измерений. В работе этой секции, представлявшей ядро конгресса, приняли участие самые крупные представители французской, немецкой и английской науки. Секция работала под руководством академика Дюма, одним из двух ее вице-президентов был избран Столетов. При секции работала особая «комиссия единиц», в состав которой входили такие выдающиеся физики, как Этвеш от Австро-Венгрии, Сименс, В. Томсон и другие от Великобритании, Видеман, Гельмгольц, Кирхгоф, Клаузиус и другие от Германии, Ленц и Столетов от России, всего 36 ученых-физиков. Комиссии предстояло выработать общую для всех стран систему единиц измерений, поскольку к рассматриваемому времени ученые разных стран пользовались для измерения одних и тех же величин различными единицами. Эта комиссия решила основывать электрические меры на трех основных, принятых ранее Британской ассоциацией: сантиметре (единице длины), грамме (единице массы) и секунде (единице времени). Для электротехнических измерений существовали две системы единиц: электростатическая и электромагнитная. Мнения ученых разделились как по вопросу выбора одной из них, так и по поводу выбора единицы электрического сопротивления, которое немецкие ученые измеряли в сименсах, британские —

в омах. Профессор Клаузиус, например, высказался в пользу электростатической системы единиц электрических измерений и единицы Сименса для измерений электрических сопротивлений. Однако комиссия согласилась с предложением А. Г. Столетова, выступившего в первом заседании комиссии 4 сентября. В протоколах заседания записано: «Проф. Столетов (Россия) замечает, что с точки зрения простоты обе системы (электростатическая и электромагнитная) имеют равные права: каждая из них оказывается более удобной, пока речь идет о явлениях данного рода. Притом следует сохранить обе системы и ради напоминания о той связи, какая существует, по-видимому, между электричеством и светом. Но можно дать некоторое преимущество электромагнитной системе, чтобы не порывать связи с трудами Британской ассоциации и чтобы удовлетворить потребность практики. Но, может быть, следует, удерживая теоретический ом как единицу сопротивления, воспроизводить с помощью ртути наиболее точные эталоны. Если же примем сименсову систему, то покинем научный базис системы, а это не желательно».

Комиссия решила принять в качестве практической единицы электродвижущей силы — вольт, единицы силы тока — ампер, равный 0,1 СГС единицы силы тока, единицы количества электричества — кулон, единицы электрической емкости — фараду, определяемую как кулон на один вольт. В решение этих вопросов А. Г. Столетов внес также большой вклад, поскольку в определении единиц силы тока и количества электричества мнения ученых не совпадали. Рекомендации комиссии были приняты секцией и конгрессом.

В первом отделении конгресса 10 сентября А. Г. Столетов сделал дополнительное предложение, так отраженное в протоколах конгресса: «Г. Столетов (Россия) желает, чтобы Международная комиссия, коей поручается уста-

новить «электромагнитные единицы», занялась также точным определением, со всеми средствами современной науки, того отношения, которое существует между электромагнитными единицами и электростатическими. Научная важность этого вопроса вполне оправдывает ту работу, какой потребует такое определение». Это предложение так же было принято собранием.

Однако этим не исчерпывается вклад А. Г. Столетова в работу электрического конгресса и электрической выставки. С 26 сентября он принял участие в работе Международного жюри для обсуждения наград по электрической выставке. 150 членов жюри (75 французов и 75 иностранцев) были разделены на 5 групп. Сообразно с каталогом выставки А. Г. Столетов вошел в группу IV из 16 членов, призванную рассмотреть экспонаты выставки, представляющие статическое электричество и измерительные приборы (электрометры, гальванометры, электродинамометры, эталоны сопротивлений и емкостей и проч.)».

Выбранный вице-президентом этой группы А. Г. Столетов вошел в число членов жюри — единственный со стороны России. Комиссия занималась как осмотром одних, так и более обстоятельным исследованием (в составе подкомиссии) других экспонатов. Об объеме работы комиссии говорит уже количество просмотренных и проверенных приборов — 28 экспонатов по классу статического электричества, 62 — по классу измерительных инструментов, большое число реостатов, реохордов, емкостей и индуктивностей.

В результате работы жюри России и деятелям русской науки были присуждены: одна золотая медаль, один диплом сотрудничества (физической лаборатории Московского университета за работу А. Г. Столетова по определению *и* Максвелла, представленную как работу лаборатории), три серебряных и одиннадцать бронзовых медалей. Медали получили

русские физики Авенариус, Лермантов, Боргман, Лачинов, Слугинов и другие.

Итоги трехмесячной работы в Париже были изложены А. Г. Столетовым в ряде статей: «Комиссия единиц на Парижском конгрессе электриков» (в журнале «Электричество», 1881, № 21), «Конгресс электриков в Париже» (в журнале Министерства народного просвещения), «Электрическая выставка и конгресс электриков в Париже» (в «Трудах отделения физических наук Общества любителей естествознания», т. II, вып. 2, 1884).

В последней статье, «провода» читателей по электрической выставке, А. Г. Столетов в удивительно доходчивой форме знакомит их со многими вопросами электротехники, еще подчас не ставшими достоянием и специалистов. «Выставка представляет колоссальную иллюстрацию учения о сохранении и превращении энергии», — пишет он и, развивая эту мысль, знакомит читателей с обратимостью электрических машин и передачей электрической энергии, ее распределением и использованием. «Динамо-электрическая машина имеет свойство оборотности действия. Вертя ее двигателем, мы получим ток; пуская ток в неподвижную машину, мы заставим ее вертеться. Соединим две машины концами их проволок — первую (назовем ее возбудителем) будем вертеть, вторая (приемник) будет вертеться от тока, сообщаемого из первой по соединительным проволокам». Но «только часть электрической энергии превратилась опять в механическую работу. Другая часть оказывает иные услуги». И А. Г. Столетов знакомит читателей с гальванопластикой, аккумуляторами, превращением электричества в свет и тепло (плавление стали). «В конце концов цикл замкнулся, — пишет он. — Теплота очага, греющего паровик, пройдя промежуточные стадии, побывав работой и током, явилась снова как теплота, но она п е р е н е с е

на в другое место и сконцентрирована до высокой температуры».

Большое место в этом обзоре применений электричества А. Г. Столетов отводит электрическому освещению, отмечая, что «два русских деятеля дали вовремя толчок задаче об освещении. Это — гг. Лодыгин и Яблочков, представители двух главных типов электрического света. Странно, что в Русском отделе (вообще обставленном довольно слабо) не позаботились выставить эти лампы, — с горечью пишет ученый, — их нужно искать во Французском отделе».

Заканчивая обзор, А. Г. Столетов высказывает убеждение в том, что электричество и в дальнейшем позволит человечеству решать самые фантастические задачи, круг которых будет расти «не по дням, а по часам».

В 1889 г. в связи со столетием французской революции в Париже проводилась Всемирная выставка. Как и восемь лет назад, в это время здесь проходили многочисленные съезды и встречи ученых и, в частности, второй конгресс электриков. В числе многочисленных ученых и техников, приглашенных на конгресс, был и А. Г. Столетов, сопровождаемый на этот раз своими учениками Зиловым, Гольдгаммером и Михельсоном. Несмотря на то что конгресс, по мнению А. Г. Столетова, не мог идти в сравнение с первым ни по важности решенных вопросов, ни по обилию блестящих имен (на него, например, не приехали известные немецкие физики Гельмгольц, Дюбуа-Раймон и Видеман), на нем продолжалось обсуждение важнейших вопросов дальнейшего развития электротехники. Возглавлял конгресс французский академик Маскар. А. Г. Столетов был избран вице-президентом конгресса. Основная работа конгресса проходила в четырех секциях: научной или измерительной, промышленной, телеграфной и электрофизиологической.

А. Г. Столетов вошел в первую секцию, возглавляемую Липпманом и был вместе с норвежцем Бьеркнесом избран ее вице-президентом. Так мировая электротехническая общественность отметила выдающиеся заслуги А. Г. Столетова в развитии науки об электричестве.

Результатом работы секции и ее комиссии единиц были решения о практических единицах: работы—джоуле, мощности—ватте и силы света—свече, близкой к принятой в Англии. Секция заслушала и обсудила также большое число сообщений и среди них сообщение А. Г. Столетова о результатах актиноэлектрических исследований, Гольдгаммера—о влиянии магнитного поля на электропроводность электролитов и Пильчикова—о теориях электролиза.

Вторая секция вынесла важное постановление о единицах коэффициента самоиндукции, периода, частоты, о средних и эффективных значениях силы переменного тока и э. д. с. и ряд др. Возвратившись на родину, А. Г. Столетов, как и в 1881 г., опубликовал в журнале «Электричество» (1889, № 13, 14) статью о втором конгрессе электриков. Отмечая то новое, что отличает 1889 год от 1881 года в области электричества, А. Г. Столетов писал: «Со стороны научной главной новостью являются знаменитые опыты Герца, осязательно подтверждающие теорию Максвелла о единстве явлений света и электричества... Со стороны механической следует отметить некоторый возврат к машинам переменного тока и возрастающее распространение трансформаторов». Отмечая несомненные преимущества переменного тока перед постоянным, А. Г. Столетов с горечью вспоминает ту травлю, которой подвергались трансформаторы на родине их создателей. «Защитники национальности в электричестве» забывали, что первую идею о трансформации тока в технике сами иностранцы приписывают Яблочкову», — писал он.

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В начале 1888 г. А. Г. Столетов после продолжительного перерыва в научной работе вновь берется за тончайший эксперимент, связанный с исследованием актино-электрического (фотоэлектрического) действия света.

Толчком к этим работам послужили известные опыты Г. Герца с быстрыми электрическими колебаниями, при проведении которых было замечено и позднее весьма подробно исследовано побочное явление — влияние излучения на электрический разряд высокого напряжения в искровом промежутке катушки Румкорфа.

Подводя итоги работы, Герц писал: «Согласно результатам наших опытов, ультрафиолетовый свет обладает способностью увеличивать длину искры от разрядов индукционной катушки и сродных разрядов.

Условия, при которых он проявляет свое действие на эти разряды, конечно, довольно сложны, и поэтому является желательным изучение действия также и при более простых условиях, в особенности без индукционной катушки. Стараясь достичь успеха в этом отношении, я встретил затруднения. Поэтому в настоящее время я ограничиваюсь тем, что сообщаю установленные мной факты, не создавая никакой теории о том, каким образом возникают наблюдаемые явления».

В своей работе А. Г. Столетов задался целью не только повторить известные опыты, но и провести их в иных экспериментальных условиях, в частности при низких потенциалах, когда в значительной степени исключается стекание электрических зарядов и повышается точность измерений. Он имел в виду получить не только качественные, но и количественные результаты. Опыты, проводимые при нормальном давлении, продолжались с февраля по июнь 1888 г. при ближайшем участии неизменного помощника

А. Г. Столетова, препаратора И. Ф. Усагина (рис. 6). Поэтому А. Г. Столетов в своей статье «Актино-фотоэлектрические исследования» так высоко оценил помощь И. Ф. Усагина: «Все мое исследование производилось при неослабном сотрудничестве моего даровитого и искусного препаратора И. Ф. Усагина, который во все время работы интересовался ею не менее, чем я сам. Ему принадлежат не только материальное выполнение снарядов и приспособлений, но и ценные практические советы относительно удобнейшей постановки опытов. Считаю долгом выразить И. Ф. Усагину вполне заслуженную им благодарность».

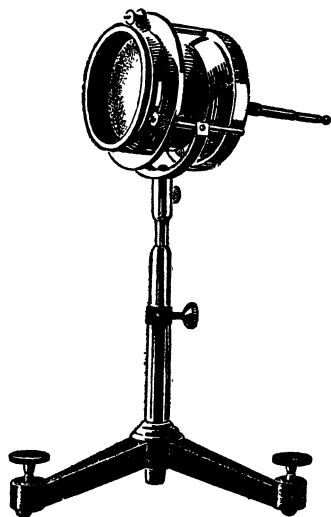
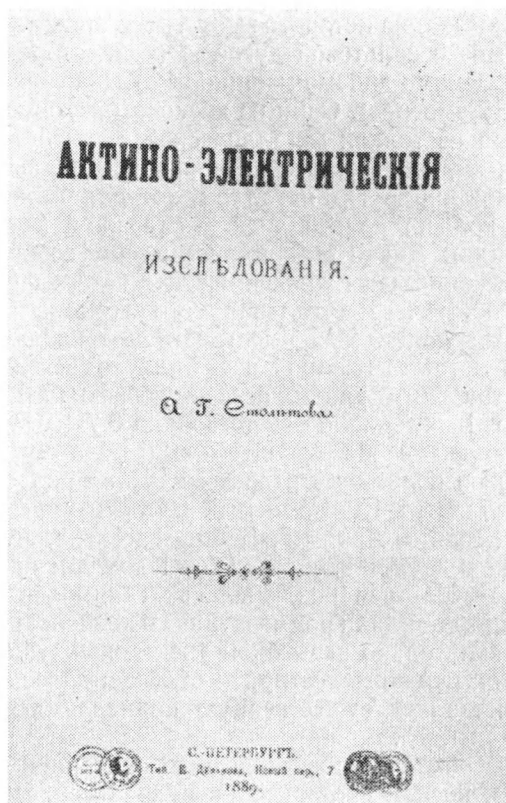


Рис. 6. Прибор работы И. Ф. Усагина, служивший Столетову для исследования фотоэффекта при атмосферном давлении.

Результаты исследований были опубликованы А. Г. Столетовым в шести статьях, напечатанных в заграничных и русских физических журналах.

Помимо этого, в 1889 г. А. Г. Столетовым был написан обзор актиноэлектрических исследований, изданный Физико-химическим обществом, и сделано несколько сообщений в физическом отделении Общества любителей естествознания.

Опыт, ставший классическим и позволивший получить после многих неудач убедительные результаты, состоял в следующем: «Два металлических диска («арматуры», «элек-



Титульный лист книги А. Г. Столетова «Актино-электрические исследования».

троды») в 22 см диаметра были установлены вертикально и друг другу параллельно (фиг. 1, С) перед электрическим фонарем Дюбоска, из которого вынуты все стекла. В фонаре имелась лампа с вольтовой дугой *A* (регулятор Фуко-Дюбоска), питаемая динамо-машиной (обыкновенно около 70 вольт и 12 амперов). Один из дисков, ближайший к фонарю, сделан из тонкой металлической сетки (встречаемой в продаже), латунной или железной, иногда гальванопластически покрытой другим металлом, которая была натянута в круглом кольце; другой диск — сплошной (металлическая пластинка). Диски соединялись между собой проволокой, в которую введены гальваническая батарея *B* и чувствительный аstaticеский гальванометр Томсона *G* с большим сопротивлением (212 омов), который наблюдался по английской методе (с лампой и скалой). Чувствительность гальванометра без верхнего астазирующего магнита была такова, что 1 деление соответствовало $6,7 \cdot 10^{-10}$ амперов: при астазирующем же магните наивысшая чувствительность, какой я пользовался (время качания около 17 сек.), давала 1 дел. = $2,7 \cdot 10^{-11}$ амперов. Батареи употреблялись различные (Вольта, Даниэля, Беетца-Гасснера, Л. Кларка) и с различным числом элементов (от 1 до 200); иногда, как увидим ниже, батарея исключалась. Таким образом, мои два диска представляли род воздушного конденсатора, заряжаемого сравнительно невысокой электродвижущей силой».

«Этот сетчатый конденсатор, — отмечает далее А. Г. Столетов, — составляет существенную принадлежность почти всех моих опытов».

Первые опыты, проведенные с описанной установкой (рис. 7), носили повторительный характер, что, как неоднократно указывал А. Г. Столетов, всегда является желательным. При этом еще раз вслед за Э. Видеманом и Эбертом была подтверждена униполярность, т. е. нечувствительность положительных зарядов к лучам актиноэлек-

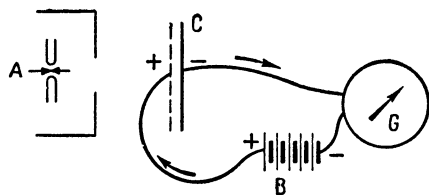


Рис. 7. Схема опыта Столетова по исследованию фотоэффекта при атмосферном давлении.

трического действия. Незначительный ток, возникавший при освещении положительного диска через отрицательно заряженную сетку, был объяснен тем, что и в этом случае все дело в освещении отрицательного электрода (сетки). В этой связи возникла весьма острая полемика с Риги, утверждавшим вначале наличие чувствительности положительного электрода, правда, впоследствии изменившего свое мнение. При этом Риги стал утверждать, что не он, а Столетов сомневался в нечувствительности положительных электродов. В одном из писем Михельсону Столетов писал о трудности работы. «Статья моя напечатана в *Comptes Rendus*, хотя еще не видел ее. Опыты Right — опять предвосхищение моих, хотя опять не вполне. Очень уж трудную тему мне приходится разрабатывать — каждую неделю кто-нибудь об этом пишет».

Было замечено также, что тонкие пластинки из металла, дерева, картона, стекла не пропускают действие лучей, пластинки же из кварца, селенита, слой воды или льда хорошо пропускают лучи.

Из этого факта А. Г. Столетов сделал такой вывод: «Очевидно, что деятельные лучи суть лучи ультрафиолетовые, и притом особенно малой длины волны (не пропускаемые

стеклом) — лучи, которых нет в солнечном спектре (благодаря, конечно, атмосферному поглощению)».

Прямой опыт с солнечными лучами даже при наличии высокого потенциала (около 212 в) и максимально сближенными электродами не дал никакого эффекта, подтвердив предыдущий вывод.

Далее А. Г. Столетов обратил впервые внимание на прямую связь между поглощением лучей пластинками и их чувствительностью к актиноэлектрическому действию.

Испытав ряд жидкостей (чистая вода, аммиачные растворы эозина, флуоресцина, растворы фуксина, анилиновые краски) сначала на поглощение, а затем на чувствительность к разряду, А. Г. Столетов нашел, что «соответствие между двумя свойствами оправдалось совершенно убедительным образом». Это обстоятельство позволило А. Г. Столетову открыть особо чувствительные электроды, так как некоторые из анилиновых красок оказались в несколько раз (до трех с лишним для зеленой) чувствительнее даже только что очищенных металлов. Вывод Риги о том, что сильнее разряжаются электроположительные металлы из ряда Вольты в опытах А. Г. Столетова, не нашел подтверждения. Влияние же чистки на чувствительность металлов, подмеченное другими исследователями, подтвердилось и в опытах Столетова. Александр Григорьевич пошел дальше, открыв явление утомляемости металлов актиноэлектрическому действию, утомляемости тем большей, чем свежее была чистка металла.

Интересно отметить, что, еще не имея возможности объяснить связь между поглощением света и активностью вещества электрода, А. Г. Столетов тем не менее был уверен, что в поверхностном тончайшем слое электрода, «где, так сказать, сидит электрический заряд», свет взаимодействует с веществом «подобно тому, как такого же рода связь замечается в явлениях флуоресценции...», «что дело

не в одном только «освещенном», или «фосфоресцирующем, воздухе», как думал Аррениус. Лучи, которые освещают воздушный слой, не задевая поверхности (отрицательно) заряженного тела, не производят действия (Гальвакс) — лучи должны падать на нее. Мало того, лучи должны поглощаться отрицательно заряженной поверхностью».

Резкой критике в этой связи подвергает А. Г. Столетов статью немецкого физика Гоора, который пытался приписать актиноэлектрические действия исключительно слоям газа, адсорбированного металлическими поверхностями. Повторив опыты Гоора в более тщательных экспериментальных условиях и исключив мешающие факторы, А. Г. Столетов получил не понижение, а, наоборот, повышение чувствительности. Это вполне объяснимо, «так как конвекция электрических зарядов материальными частицами, во всяком случае, играет важную роль в актиноэлектрических явлениях».

Нетрудно видеть, что отвергая ошибочный вывод Гоора об участии в актиноэлектрических действиях адсорбированных газов, А. Г. Столетов еще не делает различия между первичными фотоэлектрическими и вторичными (газовый разряд) действиями. Но в этом нет ничего удивительного, поскольку теория газового разряда была создана только в 1900 г. Таундсеном. Толчком же к ее созданию послужили эксперименты А. Г. Столетова. Позднее, исследуя явления в разреженных газах, А. Г. Столетов уже значительно ближе подошел к современному пониманию этого вопроса и отсутствие тока насыщения объяснил наличием вторичных эффектов.

Для получения количественных результатов исследуемого явления А. Г. Столетов провел серию интересных в методическом отношении опытов, позволивших установить связь между режимом работы электрической дуги и ее излучением. Дело в том, что для получения электрической

дуги служила динамо-машина, и малейшее непостоянство числа оборотов двигателя и динамо-машины, неоднородность углей приводили к немедленному изменению дуги и показаний гальванометра. Но даже это мешающее обстоятельство натолкнуло А. Г. Столетова на возможность его использования. «Едва ли есть другой способ так зорко следить за постоянством электрического света (или, вернее, за напряженностью известной категории радиаций), как эти актиноэлектрические наблюдения», — писал он.

Не имея возможности добиться постоянства электрической дуги, при оценке отклонений гальванометра А. Г. Столетов разработал специальные методы контроля. Позднее, наряду с главным конденсатором, А. Г. Столетов стал употреблять другой, контрольный, который все время оставался при неизменных условиях — постоянном расстоянии между электродами и постоянной э. д. с. — «в том же пучке лучей, как и главный, и наблюдался по о ч е р е д н о с главным, с целью более точной редукции результатов». Однако и такие предосторожности не были достаточными «там, где исследуемое влияние не резко... явилась потребность иметь о д н о в р е м е н н ы й контроль, т. е. наблюдать оба конденсатора (главный и контрольный) в один и тот же момент. Только таким образом можно исключить мгновенные и резкие колебания в действии лучей». Таким образом, уже при первых шагах исследования фотоэлектрических явлений Столетов впервые применил и фотоэлектрические методы контроля.

Контрольный конденсатор имел форму креста с перекладинами в 12 см длины и 1 см ширины из посеребренной латуни и сетку такой же формы. Он помещался коаксиально с главным конденсатором, ближе к фонарю. Его фотоэлектрическая цепь замыкалась на вспомогательный гальванометр с периодом колебания, приравненным к главному.

Два наблюдателя имели возможность, включая фонарь, наблюдать первые отклонения обоих гальванометров, «и редукция главных отсчетов по контрольным уже освобождала их от влияния перемен в состоянии дуги».

В дальнейшем, проведя ряд опытов и убедившись в постоянстве отношения отклонений гальванометров (2,239), А. Т. Столетов имел возможность находить отклонение главного гальванометра, умножая показания контрольного на 2, 239 при условии, если наблюдения продолжались не слишком долго. В противном случае, вследствие различной утомляемости фотоэлементов (конденсаторов), пропорциональность между их показаниями нарушалась. Из пропорциональности показаний двух фотоэлементов, находящихся под различным напряжением, А. Г. Столетов сделал фундаментальный вывод о пропорциональности между количеством световой энергии и силой фототока, являющийся важнейшим законом фотоэффекта.

«Чтобы объяснить себе эту пропорциональность, необходимо допустить, что, при равных прочих условиях, действие (сила тока) пропорционально напряженности освещения, или, лучше сказать, количеству активных лучей» (подч. Столетовым. — *Прим. авт.*).

Этот вывод А. Г. Столетов проверил тремя методами:

- 1) методом изменения освещенности фотоэлемента с изменением расстояния;
- 2) методом изменения фототока в зависимости от величины освещаемой поверхности;
- 3) методом вращающегося диска.

Наиболее интересным является последний метод, так как он, наряду с подтверждением указанной закономерности, привел А. Г. Столетова к доказательству (насколько позволили экспериментальные возможности) безынерционности фотоэффекта.

Ко времени описываемого эксперимента в печати появилась статья И. И. Боргмана, в которой был описан опыт с телефоном, включенным в фотоэлектрическую цепь, и картонным кругом с вырезами. Не слыша звука в телефоне при вращении освещаемого диска, Боргман сделал вывод о том, что ток постепенно достигает своей предельной величины и также по прекращении освещения постепенно ослабевает. А. Г. Столетов со свойственным ему экспериментальным чутьем понял, что этот опыт не мог дать ответа на поставленный вопрос ввиду инерции механической системы телефона. Нельзя было исключить инерцию и при употреблении гальванометра в качестве индикатора явления. И Александр Григорьевич, как всегда, смело и остроумно решил вопрос, применив коммутирующее устройство, не раз помогавшее ему в ранее проведенных экспериментах. Первые опыты, проведенные А. Г. Столетовым, показали, что запаздывание как будто бы есть и достигает значительной (до $1/400$ сек.) величины.

Однако от опытного экспериментатора не ускользнули мешающие обстоятельства, вызываемые коммутатором, который, при трении щеток, представлял сам источник малых токов, искажающих результат. Частично устранив источник ошибок смазыванием щеток и введя поправки в расчеты, Столетов пришел к заключению, что запаздывание тока, если оно и есть, не превышает $1/1000$ доли секунды, то есть практически ток появляется и исчезает одновременно с освещением, и, следовательно, при прерывистом освещении ток также прерывистый, с тем же периодом.

В дальнейшем метод Столетова по исследованию безынерционности фотоэффекта нашел широкое применение; лишь диски с выступами при этом были заменены перфорированными дисками.

Отметим еще весьма важный существенный факт, открытый А. Г. Столетовым при исследовании зависимости

фототока от величины светового потока. Желая другим путем подтвердить полученную пропорциональность между этими величинами, А. Г. Столетов предпринял попытку наклонять armатуры (конденсатор) к световому потоку под углом от 90 (как это было в ранее проводимых опытах) до 45°, добиваясь того, чтобы световой поток с помощью кварцевой линзы по-прежнему целиком падал на электрод. Для того чтобы исключить отражение, отрицательный электрод покрывался копотью. Естественно было ожидать при этом, что пропорциональность между током и световым потоком сохранится. Однако оказалось, что наклон дисков увеличивает силу тока на 5—10%. Этот результат не был понят Столетовым и нашел объяснение значительно позднее в работах Поля и Принсгейма.

Последующие опыты А. Г. Столетова были посвящены выяснению зависимости фототока от расстояния между электродами ($i = f(\delta)$ при $\mathcal{E} = \text{const}$) и от электродвижущей силы, накладываемой на электроды ($i = f(\mathcal{E})$ при $\delta = \text{const}$). Методика эксперимента оставалась прежней, электроды использовались латунные, покрытые серебром. Как и ранее, обращалось большое внимание на источники возможных ошибок и их устранение (длительное время, в течение которого велись измерения, а следовательно, наличие утомляемости металла электродов, непостоянство дуги и некоторые другие). Однако все эти обстоятельства не повлияли на основной результат, который выступал весьма явно и определенно и привел А. Г. Столетова к открытию весьма важного закона о существовании тока насыщения. А. Г. Столетов отмечает, что при малом расстоянии δ ток приблизительно пропорционален электродвижущей силе лишь при наименьших ее величинах, а затем по мере ее возрастания продолжает расти, но медленнее.

При больших расстояниях δ участки пропорциональной зависимости сдвигаются в область больших э. д. с. Для

кривых $i = f(\delta)$ при расстояниях δ , больших 6,5 мм, наблюдался перегиб, соответствующий тем большим \mathcal{E} , чем больше δ .

Понизив э. д. с., накладываемую на электроды, А. Г. Столетову удалось пронаблюдать перегиб кривых и при $\delta = 2 - 3$ мм. «Таким образом, — писал он, — существование перегиба в кривой $i = f(\delta)$ представляется общим законом, но при малых δ перегиб не так заметен, ибо лежит вблизи начала координат, где кривая имеет крутой подъем».

Сравнивая кривые $i = f(\delta)$ для различных δ , А. Г. Столетов заметил, что точки равных ординат i в большинстве случаев хорошо удовлетворяют соотношению $\delta : \delta' = \mathcal{E} : \mathcal{E}'$. Отсюда следовало, что ток является функцией отношения $\frac{\mathcal{E}}{\delta} = \sigma$, представляющего меру плотности заряда при незначительно раздвинутых электродах фотоэлемента, а также меру электрической силы, существующей у поверхности электродов и действующей на отрицательные электрические заряды.

Окончательный результат этих измерений А. Г. Столетов сформулировал так: «Электрический ток, который является между armатурами конденсатора вследствие действия лучей на отрицательную armатуру... определяется плотностью заряда на поверхности armатур; другими словами, величиной электрической силы при этих поверхностях. С возрастанием плотности σ ток i сперва растет быстрее, чем σ , потом медленнее и медленнее, стремясь, так сказать, к некоторому насыщению (которое, однако же, никогда при опытах не достигается вполне)».

Обнаружив в своих опытах фотоэлектрический ток при э. д. с. порядка 1 в, А. Г. Столетов обратил внимание на соизмеримость этой э. д. с. с контактной разностью потенциа-

лов металлов, используемых в качестве электродов. И «если электрическая разность потенциалов двух арматур идет в счет той электродвижущей силы, которая дает актиноэлектрический ток, — писал Столетов, — то естественно ожидать, что такой ток может быть получен и без батареей — от одной только этой разности двух металлов». Однако ток при этом получался лишь в том случае, когда в качестве сплошного диска фотоэлемента А. Г. Столетов использовал более электроотрицательный металл ряда Вольты (посеребренная латунь), а в качестве сетки — менее электроотрицательный (цинк). Из этого факта Столетов сделал очень важный вывод о существовании обмена энергией между излучением и электродом, испускающим заряды. Из этого видно, насколько близок уже в 1889 г. был А. Г. Столетов от правильного понимания природы фотоэффекта. Он писал: «Система Zn, Ag и воздух при условии освещения Ag активными лучами временно обращается в настоящий гальванический элемент, где роль жидкости играет газовая среда. Принимая в расчет, что при этом лучи должны поглощаться серебром, мы можем сказать (в чем бы ни состоял механизм явления), что энергия тока в воздушном элементе возникает за счет энергии освещающих лучей».

Известно, что только в 1905 г. Эйнштейн, опираясь на работы Лоренца, Планка и Ленарда, сформулировал этот закон: $h\nu = \frac{m_0 v^2}{2} + A$, называемый основным законом фотоэффекта.

Анализируя далее результаты эксперимента, А. Г. Столетов дал новый метод определения контактной разности потенциалов металлов, дающий хорошие результаты в сравнении с другими методами. Закон тока насыщения Столетов проверил и другим методом, наблюдая не постоянный ток под действием лучей, а мгновенный разрядный

ток от конденсатора известной емкости, определенное время стоявшего в лучах.

Приводим результаты фотоэлектрических исследований, найденных для воздуха при обыкновенном давлении, данные А. Г. Столетовым в его обзорной статье в 1889 г.

«1. Лучи вольтовой дуги, падая на поверхность отрицательно заряженного тела, уносят с него заряд. Смотря по тому, пополняется ли заряд и насколько быстро, это удаление заряда может сопровождаться заметным падением потенциала или нет.

2. Это действие лучей есть строго униполярное: положительный заряд лучами не уносится.

3. По всей вероятности, кажущееся зарядение нейтральных тел лучами объясняется той же причиной.

4. Разряжающим действием обладают (если не исключительно, то с громадным превосходством перед прочими) лучи самой высокой преломляемости, недостающие в солнечном спектре ($\lambda < 295 \cdot 10^{-6}$ мм). Чем спектр обильнее такими лучами, тем сильнее действие.

5. Для разряда лучами необходимо, чтобы лучи поглощались поверхностью тела. Чем больше поглощение активных лучей, тем поверхность чувствительнее к их разряжающему действию.

6. Такой чувствительностью, без значительных различий, обладают все металлы, но особенно высока она у некоторых красящих веществ (анилиновых красок). Вода, хорошо пропускающая активные лучи, лишена чувствительности.

7. Разряжающее действие лучей обнаруживается даже при весьма кратковременном освещении, причем между моментом освещения и моментом соответственного разряда не протекает заметного времени.

8. Разряжающее действие, *ceteris paribus*,¹ пропорционально энергии активных лучей, падающих на разряжаемую поверхность.

9. Действие обнаруживается даже при ничтожных отрицательных плотностях заряда; величина его зависит от этой плотности; с возрастанием плотности до некоторого предела оно растет быстрее, чем плотность, а потом медленнее и медленнее.

10. Две пластинки разнородных в ряду Вольты металлов, помещенные в воздухе, представляют род гальванического элемента, как скоро электроотрицательная пластинка освещена активными лучами.

11. Каков бы ни был механизм актиноэлектрического разряда, мы вправе рассматривать его как некоторый ток электричества, причем воздух (сам ли по себе или благодаря присутствию в нем посторонних частиц) играет роль дурного проводника. Кажущееся сопротивление этому току не подчиняется закону Ома, но в определенных условиях имеет определенную величину.

12. Актинэлектрическое действие усиливается с повышением температуры».

Не претендуя на полное объяснение явлений фотоэффекта, А. Г. Столетов ограничивает себя критикой существующих гипотез, но при этом его симпатии целиком на стороне тех, кто считает, что «на актиноэлектрические токи следует смотреть как на токи конвективные». Однако, признает он, и это не есть полное объяснение явления, независимо от того, каким путем — частицами ли газа или частичками распыляемого катода — происходит перенос зарядов. Он пишет: «Как бы ни пришлось окончательно сформулировать объяснение актиноэлектрических разрядов, нельзя не признать некоторой своеобразной аналогии между

¹ При прочих равных условиях.

этими явлениями и давно знакомыми, но до сих пор мало-понятными разрядами гейслеровых и круковских трубок. Желая при моих первых опытах ориентироваться среди явлений, представляемых моим сетчатым конденсатором, я невольно говорил себе (понимая всю странность этих слов), что предо мною гейслерова трубка, могущая действовать и без разрежения воздуха, трубка не с собственным, а с посторонним светом. Там и здесь явления электрические тесно связаны со световыми, там и здесь катод играет особенную роль и, по-видимому, распыляется. Можно только поражаться, насколько близко подошел А. Г. Столетов к пониманию описываемых явлений в то время, когда о переносчике зарядов—электроне—ничего не было известно.

Несмотря на довлеющие над ним электромагнитные представления и некоторый дуализм взглядов на природу тока (величина тока пропорциональна «электрической силе, действующей у поверхности пластин»), идея заряда проходит через все его исследование.

Как мы уже отмечали, экспериментируя с токами в воздухе при нормальных давлениях и установив закон тока насыщения, А. Г. Столетов еще не видел разницы между первичными и вторичными явлениями. Позднее, проводя опыты в разреженных газах (для этого Столетов сконструировал оригинальный фотоэлемент, в котором с помощью насоса Шпренгеля можно было доводить разрежение до 0,005, а иногда и до 0,002 мм Hg), он пришел к выводу о том, что закон тока $i = f\left(\frac{\varepsilon}{\delta}\right)$ остается верным лишь при значительном давлении (рис. 8). По мере возрастания разрежения эта закономерность нарушается, однако имеет место другая простая и замечательная закономерность:

$$\frac{p_m \delta}{\varepsilon} = \text{const},$$

где p_m — давление, при котором ток достигает максимума (названное Столетовым критическим), чтобы позднее, при меньшем p , приблизиться к некоторому пределу. По предложению английского физика Таундсена, эта величина была названа константой Столетова. Из этой закономерности, определяющей критическое давление, и из «существования определенного и конечного предела, к которому стремится ток по мере того, как p стремится к нулю», Столетов высказал предположение, что «существуют другие причины, которые способствуют этой конвекции». К сожалению, эти вторичные причины не были выяснены Столетовым и были указаны лишь через 9—10 лет Таундсенем.

Фотоэлектрическими исследованиями А. Г. Столетов вписал новую яркую страницу в развитие физики в России. Помимо важнейших выводов, на повестку дня были поставлены многие вопросы, которые в силу состояния науки того времени не могли быть разрешены автором. Они были разрешены значительно позже.

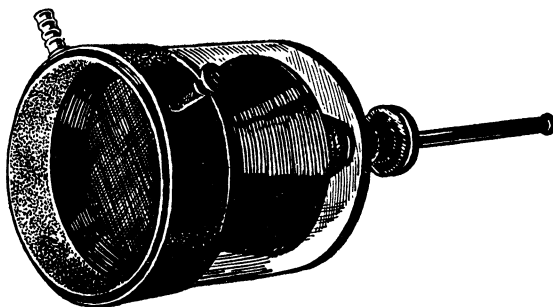


Рис. 8. Прибор работы И. Ф. Усагина, служивший Столетову для исследования фотоэффекта в разреженных газах.

Отметим далее, что методы А. Г. Столетова по исследованию фотоэффекта широко вошли в практику научно-исследовательской работы.

Оценивая результаты фотоэлектрических исследований А. Г. Столетова, необходимо отметить, что они относятся к периоду господства электромагнитной теории света Максвелла, когда корпускулярные представления на природу электричества были в значительной степени забыты, ибо Максвелл перенес центр тяжести электрических явлений в эфир. Все это не могло не отразиться на оценке объективных данных экспериментов.

Дальнейшее расширение сведений о явлении фотоэффекта связано с важнейшими открытиями, сделанными в конце XIX и начале XX в. К ним прежде всего относится открытие Дж. Дж. Томсоном в 1897 г. электрона, этого «атома» электричества, позволившее ему и Ленарду в 1899 г. прийти к выводу о том, что фотоэлектрический ток представляет собой поток электронов. В 1900 г. М. Планк формулирует основные положения квантовой теории лучеиспускания и лучепоглощения, позволившие объяснить большой круг физических явлений, не укладывавшихся в рамки классических представлений. В 1905 г. А. Эйнштейн предложил квантовую трактовку фотоэлектрического эффекта и сформулировал основной закон фотоэффекта: $h\nu = \frac{m_0 v^2}{2} + A$, из которого нетрудно получить остальные законы. Согласно закону Эйнштейна, энергия кванта света ($h\nu$), падающего на металл, тратится на преодоление работы выхода (A) электрона за пределы металла и сообщение электрону некоторой скорости (кинетической энергии $\frac{m_0 v^2}{2}$). Если энергия кванта $h\nu_0 = A$ ($\nu_0 < \nu$), имеет место граничный случай — красная граница фотоэффекта, при котором фотоэффект прекращается.

В 1928 г. квантовый характер фотоэффекта нашел экспериментальное подтверждение в классической работе Лукирского и Прилежаева, проведенной в Физическом институте Ленинградского государственного университета. Было показано, что уравнение Эйнштейна очень точно описывает ход фотоэффекта и является весьма точным физическим законом.

В 1910 г. наряду с так называемым нормальным фотоэффектом, исследованным Столетовым, был открыт селективный, или избирательный, фотоэффект, сущность которого состоит в том, что некоторые металлы, прежде всего щелочные, испускают при некоторой определенной длине волны максимум электронов.

В настоящее время различают три вида фотоэффекта: внешний (нормальный и селективный), внутренний и вентильный фотоэлектрический эффект, или фотоэффект с запирающим слоем. Интересно отметить, что вентильный (селеновый) фотоэффект был наиболее детально изучен профессором Казанского университета В. А. Ульяниным в 1888 г. в одно время с работами А. Г. Столетова. Ульянин описал и технологию изготовления селеновых фотоэлементов.

Три вида фотоэффекта позволили создать и три вида фотоэлементов — приборов, при помощи которых лучистая энергия непосредственно превращается в энергию электрического тока. Фотоэлементы нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Остановимся на некоторых из этих применений, так как непрерывный прогресс фотоэлементов и расширение областей их применения делают чрезвычайно затруднительным даже сколько-нибудь подробное их перечисление.

Фотоэлементы все шире раздвигают границы применения автоматики, помогая заменить ручной труд работой автоматов; фотоэлементы незаменимы при осуществлении

различных видов сигнализации. Фотоэлектрические реле включают и выключают городскую осветительную сеть, управляют работой речных и береговых маяков, считают и сортируют предметы и выполняют многие другие операции. Фотоэлементы нашли применение в фотометрии при сравнении силы света источников, в астрономии.

Открытие инженером Кубецким в 1934 г. возможности усиления (умножения) электронного потока («фотоумножение») положило начало новой эры в области применения фотоэффекта.

Фотоэлементы помогают передавать на значительные расстояния изображения не только покоящихся (фототелеграф), но и движущихся объектов (телевидение). Они позволили осуществить озвучивание кино и т. п.

Вентильные фотоэлементы выпрямляют переменный ток, превращают энергию излучения непосредственно в электрическую энергию, что позволило применить их в качестве источников электрического тока на искусственных спутниках Земли и космических кораблях.

Многообещающими являются и первые опыты по эксплуатации электростанций, получающих электроэнергию путем преобразования энергии солнечных лучей. Границы применения фотоэффекта расширяются с каждым днем.

КРИТИЧЕСКИЙ ТАЛАНТ

В восьмидесятые годы А. Г. Столетов был окружен в университете и в Обществе любителей естествознания многочисленными учениками, в значительной степени представлявшими русскую науку как на родине, так и за границей.

Большая организационная работа несколько отвлекала его от непосредственных научных исследований, хотя, как уже говорилось, в 1880 г. он выполнил очень важную и оригинальную работу по определению ν Максвелла.

Однако А. Г. Столетов был в курсе всех важнейших работ по физике, пропагандировал новые идеи в физике и не был посторонним наблюдателем дискуссий по отдельным ее разделам. В конце восьмидесятых и начале девяностых годов он принял живое участие в дискуссии по теории критического состояния тел.

Вопросы газообразного состояния вещества и ранее являлись предметом живого интереса А. Г. Столетова. Еще в 1879 г. он выступил в печати с замечательной статьей «Очерк развития наших сведений о газах», в которой проследил весь путь развития этого учения. Последние страницы очерка были посвящены вопросам критического состояния вещества.

Многочисленные исследования Эндрюса, проведенные с 1861 по 1869 г. с использованием углекислоты, полностью подтвердили выводы о существовании для газов температуры, названной Д. И. Менделеевым «абсолютной точкой кипения». Эндрюс назвал эту температуру критической. Стало ясно, что при температуре ниже критической вещество может быть либо в твердом, либо в жидком состоянии; выше этой температуры — в газообразном состоянии. Вопрос о непрерывности твердого, жидкого и газообразного состояний получил экспериментальное подтверждение.

Однако, как это часто бывает в науке, в объяснении имевшихся экспериментальных данных о свойствах газов ученые стали высказывать много противоречивого, а некоторые приходили к выводам о несправедливости теории критического состояния. А. Г. Столетов приложил немало усилий к тому, чтобы отстоять основные положения этой теории. Он проанализировал большой теоретический материал и с присущим ему талантом внес ясность в большинство спорных вопросов.

Наибольший интерес представляет вторая статья, в которой А. Г. Столетов формулирует основные идеи Эндрюса о

критическом состоянии и с блеском развенчивает одно возражение против этой теории за другим.

Мысли, высказанные А. Г. Столетовым в этой статье, явились бы украшением любого учебника физики для средней и высшей школы. К чему же сводились возражения некоторых физиков против теории критического состояния?

В 1886 г. известный польский экспериментатор С. Вроблевский, представив результаты эксперимента в координатах T и p , пришел к отрицанию критической точки и выводу о том, что какое-то сжижение происходит и при более высоких температурах. А. Г. Столетов разобрался в его чертеже и неопровержимо доказал ошибочность выводов Вроблевского. «Вся эта поистине жалкая аргументация сплетается из весьма странных ошибок суждения и не заслуживала бы ни малейшего внимания, если бы не была подписана именем выдающегося экспериментатора», — писал Столетов.

Ошибку такого же типа А. Г. Столетов нашел и в работе французского физика Жамена, одновременно устранив недоразумение с критическими температурами смесей, где французские исследователи, «имея перед собой смесь двух тел, забывали, что это смесь».

А. Г. Столетов развенчал ошибочные выводы Кальете и некоторых других ученых о возможности сжижения при температурах выше критической, показав что и они имели дело со смесью, причем не двух, а даже трех тел. А. Г. Столетов внес ясность в вопрос о моменте критического перехода по наблюдениям исчезновения мениска и появлению оптической однородности вещества, еще раз показав, «что, проходя через критическую температуру, вещество в трубке, вообще говоря, не проходит через критическое давление (подч. Столетовым. — *Прим. авт.*), исключая тот случай, когда взято вполне определенное количество вещества» (возра-

жения Кальете и Колардо Б. Б. Голицыну). А. Г. Столетов показывает, что исчезновение мениска вверху или внизу трубки не влияет на оценку критической температуры и влияет лишь на оценку критического объема. Обсуждая возможности метода, А. Г. Столетов приводит слова глубокого знатока этого вопроса А. И. Надеждина: «Нормальному критическому объему будет соответствовать появление и исчезновение мениска (а следовательно, и прохождение вещества через критические p , v и T при учете некоторых поправок. — *Прим. авт.*) где-нибудь посредине трубки, а не вблизи ее концов, и густая интенсивная муть по всей длине трубки, сопровождающая обратный переход. Этими признаками можно воспользоваться для определения критического объема».

В результате анализа исследований по критическому состоянию вещества А. Г. Столетов приходит к выводу о том, что «идеи Андриуса вполне согласуются со всеми известными нам фактами. Дело дальнейших исследований должно состоять главным образом в том, чтобы выработать такие «уравнения состояний», которыми возможно точно изображались бы результаты опытов, а с другой стороны, формулировать теоретическое обоснование таких уравнений».

... Что касается экспериментальной стороны дела, для определения критических условий весьма важно: с одной стороны, выбирать возможно чистые вещества без примесей, с возможной постепенностью изменять температуру и точно оценивать ее, хотя бы для данной части объема (если нельзя вполне ручаться за ее одинаковость во всем объеме); с другой — усовершенствовать оптический способ наблюдения малейшей неоднородности вещества. Наконец, следует сопоставлять различные методы (исследуя их параллельно на одном и том же во всех отношениях веществе) и выяснить их относительные выгоды и неудобства».

В третьей статье Столетов останавливается на ряде вновь вышедших работ по критическому состоянию, в частности на статье Баттели, и вновь убедительно показывает, что некоторые аномалии в поведении вещества не имеют никакого отношения к справедливости гипотез Эндрюса, а целиком объясняются все теми же примесями к исследуемому веществу, которые существенно влияют на результаты. «Мы не видим причины, почему бы все эти недочеты опыта обрушивались исключительно на Эндрюсову теорию», — писал Столетов. Он еще раз обсуждает возможности оптического метода измерения $T_{кр}$. В конце статьи А. Г. Столетов замечает, что он не видит «достаточного повода отказаться в каком-либо пункте от прежних рассуждений...». Четвертая статья является откликом Столетова на работы Гуи и заявление Рамзая и Ионга—двух ведущих специалистов по вопросу критического состояния. Авторы статей высказывают в них мысли, весьма близкие тем, которые проводил А. Г. Столетов в предыдущих выступлениях. «От души присоединяюсь к этому вескому заявлению двух компетентных исследователей, многие годы работающих по данному вопросу, пожелаем еще раз, чтобы эта простая и ясная схема, установленная их знаменитым соотечественником Эндрюсом, не затемнялась впредь наплывом скороспелых экспериментов и недодуманных идей». В этих словах весь Столетов, всегда требовательный и к себе, и к другим.

Отметим, что Столетов, не экспериментировавший в области критического состояния, выдвинулся в 90-е годы прошлого века в ряды наиболее крупных ученых по данному вопросу. Об этом говорят не только рассмотренные нами статьи и тот резонанс, который они вызвали среди специалистов, но и переписка Столетова в эти годы. «Обращаюсь к Вам с покорнейшей просьбой, — писал ему Пильчиков из Одессы. — Профессор Mathias (мой хоро-

ший знакомый) издает подробный список всех известных данных для критических элементов различных жидкостей. Он пишет мне, что крайне не хотел бы пропускать работы русских ученых еще не появившихся ... за границей. Я боюсь, что, не следив за этими работами в последние годы, я не могу обстоятельно исполнить его просьбы... Я именно и писал Mathias'у, что отвечу ему, лишь получив от Вас сведения». И Столетов берет на себя этот труд.

Интересно также отметить, что в целях выяснения научной истины А. Г. Столетов находил необходимым и обязательным для себя заниматься критикой и анализом исследований по критическому состоянию вещества в то время, когда в его личной жизни происходили глубочайшие потрясения.

ТЯГОСТНЫЙ СПОР

А. Г. Столетов принадлежал к прогрессивному крылу профессоров Московского университета. Он находился в дружественных отношениях с К. А. Тимирязевым, Ф. А. Бредихиным, В. В. Марковниковым, известным общественным деятелем, адвокатом В. И. Танеевым и другими. Вместе с ними он вел непримиримую борьбу против господствующих в университете и Министерстве народного просвещения реакционных партий и групп, борьбу за процветание русской науки, демократизацию университетского преподавания.

В семидесятые годы эта борьба велась против атак со стороны Министерства просвещения и некоторой части реакционной профессуры на университетский устав 1863 г., который предоставлял университетам некоторые права на самоуправление. Накал этой борьбы особенно наглядно можно проследить по выступлениям А. Г. Столетова против профессора физики Н. А. Любимова. Заведующий ка-

федрой физики и физической географии Н. А. Любимов, которому А. Г. Столетов был многим обязан и который немало сделал для развития физического образования в Московском университете, в 70-е годы переметнулся в лагерь реакционного журналиста Каткова, министра народного просвещения Д. А. Толстого и повел вместе с ними яростную борьбу против всего демократического, что еще оставалось в русском обществе. Вместе с передовыми учеными Московского университета А. Г. Столетов разоблачает реакционную деятельность Любимова. Не ограничиваясь этим, он развенчивает его и как профессора физики, публикуя в начале 1877 г. в газете «Русские ведомости» статью «Г. Любимов как профессор и как ученый», в которой с большим мастерством отражает нападки Любимова на университетский устав. Он убедительно показывает, что Любимов, имевший определенные заслуги в науке, в настоящее время тормозит ее развитие. Через два месяца последовало новое выступление А. Г. Столетова в газете со статьей «Исторический физик», где продолжалось развенчивание научно-методической деятельности Любимова. Статья имела большой общественный резонанс, поскольку большинству читателей было совершенно ясно, что борьба А. Г. Столетова против Любимова является борьбой против всего реакционного в науке и общественной жизни.

А. Г. Столетов не мог смириться с реакционной деятельностью Любимова в университете, накал их идейной борьбы доходил до такой степени, что Столетов собирался покинуть университет. К счастью для русской науки, в 1882 г. Любимов ушел в отставку.

Восьмидесятые годы были наиболее трудными для университетов России. Устав 1884 г. не оставлял ничего от бывлой, хотя и неполной, автономии университетов. Власть попечителя учебного округа в полной мере распространилась и на университеты. Обострилась борьба студентов и неко-

торых профессоров против наступления реакции, приводившая к непрерывным столкновениям между враждующими, непримиримыми группами профессоров. Вынужден был уйти в отставку ректор университета, знаменитый историк С. М. Соловьев, на место которого был назначен известный реакционер Боголепов — профессор римского права.

Реакционная группа университетских профессоров, возглавляемая ректором Боголеповым, попечителем учебного округа графом Капнистом и проф. Некрасовым вела разнузданную борьбу со всеми теми, кто продолжал поддерживать освободительные идеи шестидесятых годов. Реакционеры добились увольнения К. А. Тимирязева из Петровской сельскохозяйственной академии, проф. М. М. Ковалевского из Московского университета. Подвергаются непрерывным притеснениям К. А. Тимирязев, В. В. Марковников и А. Г. Столетов, прогрессивная деятельность которых и нежелание идти на компромиссы с реакционерами не остались забытыми. Начались, казалось бы, безобидные служебные придирки ректора Боголепова к всегда аккуратному и пунктуальному А. Г. Столетову, закончившиеся событиями, после которых Александр Григорьевич уже не смог поправиться.

15 декабря 1892 г. скончался академик А. В. Гадолин и в академии появилась вакансия ординарного академика, специалиста по физике. Комиссия, назначенная президентом академии в составе П. Л. Чебышева, Г. И. Вильда, Ф. Ф. Бейльштейна, Ф. А. Бредихина и Н. Н. Бекетова, «по обсуждении сравнительного достоинства русских ученых, посвятивших себя физическим исследованиям, остановилась на профессоре Императорского Московского университета Александре Григорьевиче Столетове, как на ученом, выдающемся своими самостоятельными исследованиями в настоящее время между другими русскими физиками. Как основание для своего суждения комиссия пред-

ставила 1) краткие сведения об научной подготовке профессора Столетова и 2) обзор ученых трудов проф. Столетова с указанием их научного значения.

Принимая во внимание достоинства и основательность трудов проф. Столетова, его неутомимую, продолжающуюся до настоящего времени научную деятельность, комиссия единогласно предложила на вакантную должность ординарного академика по физике вышеназванного кандидата». Этим же протоколом баллотирование А. Г. Столетова в ординарные академики было назначено на следующее заседание. Избрание Столетова в академики считалось настолько вероятным, что он был приглашен в начале 1893 г. осмотреть физический кабинет академии. Не о почетном отдыхе думал ученый, связывая свою дальнейшую научную деятельность с академией. Столетов мечтал использовать богатые возможности академии для создания центра физической науки в России, соответствующего современным требованиям. «4 августа сего года я дослуживаю 30-летие, — писал он Михельсону, — так что переход к тому времени в Петербург являлся особенно своевременным: получив полную пенсию, я имел бы полное жалованье там и надеялся остаток жизни провести без лекций (и особенно без экзаменов!) и что-нибудь сделать для академии, где кафедра физики остается без жизни со смерти Ленца».

В университете в это время следует одно за другим столкновения Столетова с Боголеповым. Слухи один нелепее другого распускаются о нем группой Боголепова и Некрасова. Вершиной травли выдающегося ученого явились события, связанные с диссертацией Б. Б. Голицына, представленной для защиты на Совете факультета весной 1893 г.

Молодой ученый, князь Б. Б. Голицын, пройдя школу выдающихся немецких физиков, в частности Кундта, в 1889 г. приезжает в Москву, где, как и многим другим, А. Г. Столетов предоставляет ему место для научной работы

в физической лаборатории. Позднее Александр Григорьевич уступает ему часть лекций по физике и предоставляет штатную должность лаборанта. Б. Б. Голицын сразу же начинает принимать деятельное участие в научной жизни кафедры. Его диссертация «Исследования по математической физике», представленная на защиту, состояла из двух частей, в которых рассматривались свойства диэлектриков в рамках механической теории теплоты и лучистая энергия, которой диссертант приписывал ряд свойств, не принятых к тому времени наукой.

А. Г. Столетов, назначенный рецензентом, внимательно рассмотрел диссертацию и, обнаружив в ней ряд ошибок и слабых мест, попросил диссертанта внести большую ясность в изложение ряда вопросов, что было обычным в таких случаях. Необычным был отказ Б. Б. Голицына внести какие бы то ни было исправления в диссертацию. По просьбе Столетова был выделен второй рецензент, проф. А. П. Соколов, полностью согласившийся с замечаниями Столетова. В письме Голицыну 20 марта они писали: «Мы хотели бы побеседовать с Вами по поводу некоторых недоразумений, возбуждаемых Вашей диссертацией». К сожалению, диссертант не откликнулся и на эту просьбу. Рецензенты дали на диссертацию отрицательный отзыв.

Заседание ученого совета состоялось 14 апреля. Группа недругов Столетова сделала все, чтобы превратить научный спор в расправу над ученым. Председательствовал на совете не декан факультета, а попечитель учебного округа граф Капнист, присутствие которого на защите было необычным. Необычным было и все заседание, где вначале слово по диссертации получили не рецензенты, а проф. Некрасов, вопреки сложившимся правилам заранее ознакомившийся с еще не заслушанными отзывами Столетова и Соколова и призванный пункт за пунктом отвести их замечания. Все это было сделано им в весьма грубой форме.

При этом по существу диссертации почти ничего не было сказано, так как Некрасов не являлся специалистом-физиком.

После выступления проф. Некрасова оппоненты опять-таки не получили слова. Вместо этого был зачитан ответ диссертанта на отзывы Столетова и Соколова. С отзывами он был заранее ознакомлен Некрасовым. Последнее было также грубейшим нарушением как университетского Устава, по которому диссертант не имел права выступать на совете по поводу своей работы, так и сложившегося правила, по которому диссертант знакомился с отзывами на свою работу лишь на защите. Только после этого получили слово оппоненты. Резкой критике подвергает порядок защиты диссертации Голицыным проф. К. А. Тимирязев. «Какие бы то ни были пререкания между лицом, пожелавшим представить на суд факультета свой труд, и факультетом представляются мне недопустимыми и немыслимыми», — говорит он по поводу письма Голицына. И далее «...заботящийся о сохранении своего достоинства профессор окажется впредь вынужденным отклонять от себя рассмотрение ученых трудов, зная наперед, что при этом исполнении самой тяжелой и ответственной служебной обязанности он не огражден, даже в заседании факультета, от оскорблений, всегда возможных со стороны авторов, труды которых будут признаны неудовлетворительными».

К. А. Тимирязев гневно протестует против предложения Некрасова признать отзыв Столетова и Соколова на диссертацию «недействительным», предлагает диссертанту представить свою работу на рассмотрение одного из семи русских университетов, как это принято в подобных случаях.

Недругам Столетова не удалось на этом заседании принять нужное им решение. Однако они добились того, что рассмотрение диссертации было перенесено на осень.

Дальнейшее продолжение истории с диссертацией Голицына говорит о том, что ее защита была поставлена в прямую связь с избранием Столетова в академию. Дело в том, что 14 апреля, т. е. в день рассмотрения диссертации Голицына в Московском университете, должно было состояться баллотирование Столетова в первом отделении Академии наук. Вечером, однако, Столетову стало известно, что баллотировка не состоялась. В протоколах заседания физико-математического отделения от 14 апреля 1893 г. записано: «Назначенная согласно протокола предыдущего заседания баллотировка в ординарные академики по физике профессора Московского университета Столетова по распоряжению Его Императорского Высочества Августейшего президента отложена на неопределенное время».

В конце апреля академик Вильд, один из тех, кто рекомендовал кандидатуру Столетова в академики, писал ему, что в результате многочисленных доносов из Москвы отношение к его кандидатуре в академии изменилось и поэтому рекомендовал взять обратно согласие на баллотировку. А. Г. Столетов не принял это предложение.

События весны 1893 г. настолько расшатали здоровье А. Г. Столетова, что он был вынужден отказаться от экзаменов и выехать на курорт. Однако недруги решили непременно от него избавиться под тем благовидным предлогом, что он выслужил необходимый тридцатилетний срок и его место делается вакантным.

15 сентября физико-математическое отделение записало в протоколе своего заседания: «В заседании физико-математического отделения 14 апреля 1893 года баллотирование заслуженного ординарного профессора Столетова в ординарные академики было отложено на неопределенное время. Не считая возможным и ныне допустить баллотирование г. Столетова, Августейший президент, на основании § 63 устава Академии и § 14 Положения о порядке избрания в

действительные члены Академии, предложил отделению составить комиссию для избрания в шестимесячный срок нового кандидата по физике».

13 октября 1893 г. та же комиссия академиков (за исключением Н. Н. Бекетова, отказавшегося в ней участвовать), которая единодушно представила А. Г. Столетова, рекомендовала в адъюнкты по физике Б. Б. Голицына, не имевшего в то время перед русской наукой и доли тех заслуг, которые имел Столетов. Так расправилась реакция с передовым русским ученым, так, наряду с Менделеевым, Тимирязевым, Сеченовым, Федоровым и некоторыми другими, не нашлось в Российской Академии места Столетову.

Такой оборот дела с избранием в академию был крайне оскорбительным для А. Г. Столетова и для всей русской науки. «Не правда ли, — писал Столетов Михельсону, — это какое-то *pes plus ultra*¹ дикости, какого и во сне не увидишь. Хороши академики, хороши порядки, хороша вся эта интрига теперь обнаружившаяся во всей ее красоте! Очевидно, меня сумели очернить президенту как нечто невозможное ... а почтенный ареопаг — как прикажете: сегодня все за меня, завтра все (за исключением одного из пяти) — против!»

Передовая русская научная общественность была глубоко возмущена отводом А. Г. Столетова. Это нашло отражение в многочисленных письмах Столетову и в заявлениях на официальных заседаниях IX съезда русских естествоиспытателей и врачей в конце 1893 г.

Недрузи А. Г. Столетова пытались превратить научную дискуссию в грязную интригу против ученого. И это им, к сожалению, удалось.

Проф. Некрасов, будучи деканом факультета, в письмах Голицыну находит, что на факультете существует группа

¹ *pes plus ultra* — крайний предел (лат.).

лиц (Столетов, Тимирязев, Марковников и др.), которая «ставит университет и факультет на край пропасти... Теперь эта группа лиц несколько ослаблена, но она все еще сильна своей железной непреклонностью».

Нити, руководившие травлей А. Г. Столетова, вели из университета в Министерство просвещения и академию.

К дискуссии привлекается и проф. Н. А. Умов, который вначале считал, что Столетов пристрастен в оценке работы Голицына. Однако вскоре Умов просит Голицына «не считать мнение, идущее наперекор Вашим предположениям, за какое-то враждебное» (письмо от 20 марта 1893 г.). А осенью, уже будучи в Москве и ближе ознакомившись с работой Голицына, Умов также признал, что диссертация обоснована недостаточно: «Ваша диссертация должна быть вооружена сильнее», и, далее: «Вы не штудировали статей Кирхгофа, имеющих прямое отношение к Вашей работе»,... «Вам следовало бы взглянуть на дело глубже» (письмо от 2 ноября 1893 г.).

«Ввиду всего этого, — мой совет, — если Вы желаете продолжения дела, то обставьте его оружием, достаточным для ослабления приведенных возражений, которые во многом справедливы».

Голицын, к сожалению, не пошел навстречу и этим вполне разумным советам. Только после избрания в академию, видя, что история с диссертацией нужна реакционерам лишь для травли А. Г. Столетова и других прогрессивных профессоров, Голицын в начале декабря 1893 г. взял ее обратно. Последующее развитие науки показало, что работа Голицына содержала глубокие мысли, которые позднее были приняты наукой. Так, Голицын впервые приписал лучистой энергии определенную температуру; в его работе, правда в неявной форме, содержится закон Релея-Джинса о распределении энергии в области инфракрасной части спектра; наконец, Голицын выводит соотно-

шение, из которого нетрудно получить закон смещения Вина.

К сожалению, при том состоянии науки и существенных недостатках диссертации ни Столетов, ни другие крупнейшие физики того времени, специалисты рассматриваемой области (Л. Больцман, В. Томсон (Кельвин) и Гельмгольц), к которым Столетов обращался с целью выяснения научной истины, не смогли понять положительного содержания диссертации, а сам автор не мог ее отстоять.

Прискорбным было и то, что Голицын в дальнейшем отказался от разработки этой области физики и занялся вопросами сейсмологии, где ему принадлежат фундаментальные исследования.

ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

«Какая-то печать гнетущего, затаенного нравственного страдания легла на все последние годы его жизни...»

К. А. Тимирязев

Академическая история значительно подорвала здоровье А. Г. Столетова. Начальственная месть, однако, на этом не закончилась. Летом 1893 г., еще находясь на отдыхе, А. Г. Столетов получает письмо попечителя учебного округа, извещающее его о том, что в связи с истечением 30-летнего срока службы его место делается вакантным. А. Г. Столетов, правда, остался в университете в качестве заслуженного профессора, но был лишен той прибавки в 1200 руб., которая обыкновенно дается в таких случаях. «... С самого приезда был в подавленном состоянии вследствие того букета неприятностей, который меня ожидал в отечестве. Вместо «спасибо» за 30-летнюю службу, срок которой вышел 4 августа, испытываю некую начальственную месть», — писал он Михельсону 23 сентября (5 окт.)

1893 г. Декан факультета заявил также, что желательно было бы передать вновь назначенному заведующему кафедрой проф. Н. А. Умову медицинские лекции физики и поделиться с ним заведыванием физическим институтом, детищем Столетова. «Справедливая награда за организацию и самую постройку лаборатории!», — писал А. Г. Столетов.

Несмотря на многочисленные притеснения, по существу выживаемый из университета, А. Г. Столетов продолжает почти ежедневно бывать в лаборатории, помогая своим ученикам и сотрудникам; он остается в гуще всех важнейших событий в научном мире. В конце 1893 г. А. Г. Столетов принял деятельное участие в подготовке и проведении IX съезда естествоиспытателей и врачей, возглавив его физическую секцию. «Несколько недель тому назад, — писал он Михельсону, — я было думал совсем устранимся от участия в съезде: теперь вижу, что съезд был мне полезен, да и я был полезен съезду».

Участники съезда на своих заседаниях оказывали многочисленные знаки внимания и уважения А. Г. Столетову, а на обеде, данном профессорам физики, участникам съезда, старейший профессор физики Ф. Ф. Петрушевский произнес теплую речь и вручил А. Г. Столетову альбом от членов секции физики, признанной лучшей на съезде. Весьма откровенно высказывались здесь ученые и об академическом инциденте. «Все это значительно примиряет меня с положением дел», — писал Столетов.

1 апреля 1894 г. А. Г. Столетов прочитал в физической аудитории университета публичную лекцию «Успехи цветной фотографии», сбор от которой пошел в пользу Комитета грамотности и Общества вспоможения студентам.

Лето 1894 г. он, как обычно, провел за границей, сначала на море, а потом в Тирольских Альпах, предпочитая горный воздух морским купаниям. По-видимому, «я слиш-

ком стар для морских купаний (неделю назад «стукнуло» 55!). Возможно, что это было мое «прощание с морем...», — с грустью пишет он в одном из писем. Возвратившись на родину, Столетов хлопочет о продвижении диссертации Михельсона, длительное время оторванного от научной деятельности тяжелой болезнью, и рецензирует его статьи.

Осень принесла новые столкновения и с университетским начальством, и с попечителем учебного округа в связи со студенческими волнениями и настоятельным требованием прогрессивных профессоров Московского университета смягчить участь исключенных из университета студентов.

Почти вытесненный из университета, А. Г. Столетов много работает, а 16 ноября 1894 г. на заседании Общества любителей естествознания выступает с обширной лекцией «Гельмгольц и современная физика», которой завершил цикл лекций, начатый им в 1891 г. в связи с юбилеем Гельмгольца. Лекция явилась завершением философских высказываний Столетова и была направлена на разоблачение нового идеалистического направления в физике, энергетизма, пытавшегося построить картину мира, опираясь только на понятие об энергии. Но «закон сохранения энергии, конечно, не исчерпывает науки о явлениях, и встречающиеся иногда попытки изложить всю физику, играя, так сказать, на одной струне, не могут быть состоятельными», — говорил Столетов.

Лекция дает ясное представление о том, что в последние годы жизни Столетов отошел от механистического подхода к объяснению явлений и вплотную подошел к позициям диалектико-материалистического мировоззрения.

Весной 1895 г. А. Г. Столетов навестил в Киевском университете своего друга проф. М. П. Авенариуса и ученика проф. Н. Н. Шиллера. Киевские ученые устроили восторженный прием Столетову, избрав его действительным чле-

ном Киевского физико-математического общества. Созревает план переезда А. Г. Столетова в Киев, подальше от Москвы, от ненавистного начальства.

Несмотря на непрерывно ухудшающееся здоровье, все так же велик интерес А. Г. Столетова к физике, ко всему тому, что делается в этой области. Летом 1895 г. он снова за границей, где знакомится с научными центрами Германии, Голландии, Франции и Швейцарии, встречается с друзьями-коллегами, заводит новые знакомства. «Будучи в Берлине, посетили Reichsanstalt¹, Potsdam и Уранию, где превосходно поставлены опыты Tesla. Затем посмотрели инструменты в Halle, Leipzig, Jena (также Glastechnische Fabrik² и заведение Zeiss'a), перемахнули в Голландию и там посетили Groningen, Amsterdam и Leiden. В Лейдене угощены были жидким кислородом, а в Amsterdam сподобились видеть V. d. Waals'a³. Здесь в Париже смотрели новые лаборатории в Сорбонне, претерпели обед со спичами, данный нам от Bureau de la société de Physique⁴.

... Хотелось бы взглянуть в Zürichs. Phys. Institut, но, пожалуй, некому будет показывать?

... В Лейпциге весьма любезно были приняты Wiedemann'ом (Senior) и познакомились с Ostwald'ом и Drude. Гронингенский институт необыкновенно мил и уютен, а в Лейдене милейший Kamerling Onnes и его холодная лаборатория были очаровательными ...».

В 1895 г. А. Г. Столетов завершил свою работу над лекционными курсами, читаемыми в 80-х годах, опубликовав книгу «Введение в акустику и оптику», которая явилась ценным пособием для русских университетов. Она была

¹ Палата мер и весов.

² Фабрика технического стекла.

³ Ван дер Ваальс.

⁴ Президиум физического общества.

рекомендована и студентам Софийского университета, куда, по просьбе профессора Бахметьева, Столетов послал 12 учебников.

21 декабря 1895 г. А. Г. Столетов в последний раз выступил в Московском обществе художеств с популярной лекцией «Леонардо да Винчи как естествоиспытатель».

В конце года здоровье его значительно ухудшается. После перенесенного в январе 1896 г. тяжелого рожистого воспаления он писал: «...Я до сих пор не выхожу из инвалидного состояния: очень истощены силы и поправляются медленно. Едва кое-как, с перерывами, дочитал лекции и почти безвыходно сижу дома. Не знаю, поправлюсь ли к апрелю (месяц экзаменов)».

Но заботы об учениках и сотрудниках лаборатории по-прежнему входят в круг его обязанностей. «Посылаю целый воз алюминия, но едва ли в пользу. В особых коробочках — медаль из алюминия и жетон 1881 (тонкий; ручку можно отпаять, если есть надежда пробрать лучами)», — писал он П. Н. Лебедеву за несколько недель до смерти (Лебедев в то время занимался рентгеновскими лучами).

В апреле, едва приступив к экзаменам, А. Г. Столетов снова слег в постель. В начале мая он завещал университету богатейшую библиотеку и, чувствуя приближение смерти, просил похоронить себя на родине, во Владимире.

15 мая А. Г. Столетов умер от инфлюэнцы и воспаления легких.

Научная общественность была глубоко опечалена смертью А. Г. Столетова. Прочувствованными некрологами отозвались на его смерть друзья и почитатели: К. А. Тимирязев, А. П. Соколов, Д. А. Гольдгаммер, П. Н. Лебедев и другие.

«...Столетов умер, Столетова нет больше среди нас, среди его учеников, сходящихся к нему в течение трети века делиться своими мыслями по разным вопросам науки.

... Не умерли те заветы ..., те идеалы, которым он сам служил и которым завещал служить своим ученикам. Эти идеалы — беззаветная и бескорыстная преданность науке, глубокое сознание своего долга, неуклонное стремление к истине и правде», — заканчивает некролог о покойном Д. А. Гольгаммер.

Только официальные круги, так жестоко травившие А. Г. Столетова, не откликнулись на смерть великого ученого. К ним-то и были обращены гневные слова К. А. Тимирязева: «... горе той среде, где такие люди перестают встречать справедливую оценку».

МИРОВОЗЗРЕНИЕ А. Г. СТОЛЕТОВА

А. Г. Столетов жил и работал в эпоху интенсивного развития капитализма в России, в эпоху промышленного переворота и технической революции. Эта эпоха коренным образом повлияла на развитие физической науки, в результате чего в физике обозначались существенно новые черты.

С семидесятых годов идет усиленное строительство институтов и лабораторий в Европе и Америке, создаются предпосылки для решения таких проблем, как получение низких температур, изучение разряда в газах, развиваются точные оптические и электрические исследования. Возникают фирмы, изготавливающие точную оптическую и электроизмерительную аппаратуру.

Другой стороной развития физики в это время было несоответствие старых теоретических представлений в физике ее новым открытиям. С одной стороны, физика получает новые мощные средства эксперимента, позволяющие ей решать все более и более сложные задачи, проникать глубже в сущность явлений материального мира, с другой стороны, старое теоретическое вооружение физика становится недостаточным. Это дало повод для возникновения враждеб-

ных науке идеалистических взглядов. Это является и источником кризиса, возникшего на фоне несомненных успехов физики в познании объективных законов природы.

В России вызревали противоречия другого рода. Интенсивный рост капитализма в условиях общей экономической отсталости страны сопровождался усилением экспансии иностранного капитала.

Рассматривая Россию как объект колониальной эксплуатации, иностранные капиталисты при попустительстве царского правительства поощряли идеологическую экспансию. Искусство и наука в России были засорены иностранными именами, а для русских художников, скульпторов, архитекторов и ученых считались обязательной заграничная выучка и последующее подражание иноземным образцам.

Патриотическое чувство русского народа не могло мириться с проводившейся политикой подавления национального достоинства, с политикой подчинения национальной культуры иноземному влиянию. Борьба за национальное демократическое развитие русского искусства, русской литературы и науки вступила в новую фазу после Крымской войны. Поражение России в этой войне передовые русские люди справедливо рассматривали как поражение антинародной, антинациональной политики самодержавия.

Царское правительство оказалось вынужденным отменить крепостное право. Шестидесятые годы обозначаются резким подъемом русского искусства, литературы и науки.

Русское естествознание, оплодотворенное принципами материалистической философии русских демократов и унаследовавшее славные патриотические традиции Ломоносова, переживало в 60-х годах период бурного подъема. Как бы повинувшись единому призыву, шли в науку с разных концов родной земли передовые сыны русского народа: с Поволжья — И. М. Сеченов, из Тобольска — Д. И. Менделеев,

из Казани — А. М. Бутлеров, с Урала — А. С. Попов. В числе этой славной фаланги находился и Александр Григорьевич Столетов.

С. И. Вавилов в своей опубликованной посмертно работе «Философские проблемы современной физики и задачи советских физиков в борьбе за передовую науку» писал: «Своя собственная философия русских физиков еще со времен Ломоносова была материалистической. Это ясно видно на примере деятельности Ломоносова, Лобачевского, Петрова, Ленца, Менделеева, Умова, Лебедева и других». Эта совершенно правильно отмеченная С. И. Вавиловым материалистическая традиция, обусловленная благотворным влиянием русской материалистической философии, сыграла важную роль в той обстановке надвигающегося кризиса, которая начала складываться в физике в последней четверти XIX в.

С семидесятих годов полился мутной волной бесконечный поток позитивизма, энергетизма, неокантианства, неюмизма и прочих «измов». Вместе с тем успехи естествознания получили гениальное философское обобщение в классическом произведении философского материализма — «Анти-Дюринг» Энгельса, первое издание которого вышло в 1887 г. Однако не приходится удивляться тому, что это гениальное сочинение не фигурирует в высказываниях физиков того времени по философским вопросам. С одной стороны, в период реакции представителям буржуазной науки и не так безопасно было обнаруживать знакомство с марксизмом, если таковое у них имелось. С другой стороны, помимо неосведомленности большинства ученых в марксистской философии, имело место и сознательное замалчивание ее достижений. Вспомним, например, что считающий себя марксистом А. Богданов, рекомендуя русскому рабочему (1) «новейшую естественнонаучную философию» Маха, ни словом не упоминает об Энгельсе.

В этих условиях борьба материалистически настроенных ученых против идеализма почти неизбежно принимала форму механистического мировоззрения. Там, где махисты и энергетики призывали к чистому описанию переживаний экспериментатора, физики материалисты искали объяснения явлений в механике атомов и механике эфира. Идя этим путем, физика добилась замечательных успехов.

«Именно благодаря атомистической гипотезе, — говорил Больцман в 1886 г., — удалось заранее вычислить зависимость постоянной трения газа от температуры, вычислить абсолютное и относительное значение постоянной диффузии и теплопроводности. Эти предсказания, конечно, можем поставить наравне с открытием на основании вычислений планеты Нептуна, сделанном Леверье, и с предсказанием космической рефракции Гамильтоном».

Заметим, что все эти высказывания, упомянутые Больцманом, были триумфом именно механической физики: механики Ньютона и механической волновой теории света Френеля. Вполне понятен вывод, к которому пришел Больцман, анализируя успехи естествознания XIX в.: «Если вы меня спросите относительно моего глубочайшего убеждения, назовут ли нынешний век железным веком, или веком пара и электричества, я отвечу, не задумываясь, что наш век будет называться веком механического миропонимания, веком Дарвина».

О том же говорит и Столетов:

«Стремление свести все физические явления к основным принципам механики — вот девиз современной физики, мало того, — всего естествознания». К этому мнению присоединяется и Н. А. Умов.

В конце XIX в. в физике на основе ее несомненных успехов борьба между материализмом и идеализмом приняла особую остроту и в дальнейшем вышла далеко за рамки физического спора. Какую позицию в этом споре зани-

мали, по выражению Столетова, физики «механисты-стайеры»?

Ответ может быть только один — материалистическую. Так и понимали дело те, кто прямо или косвенно участвовал в борьбе. В. И. Ленин указывает, что в понимании тогдашних философов, например Рея, механизм был синонимом материализма. «Рей тоже абсолютно незнаком с диалектикой. Но и он вынужден констатировать, что среди новейших физиков есть продолжатели традиций «механизма» (т. е. материализма)¹.

Старая форма «механизма» уже наполнялась новым содержанием, не соответствующим этой форме. Механистический материализм второй половины XIX в. был далеко не тот метафизический материализм XVII — XVIII вв. с обособленными «флюидами», неизменными субстанциями и «силами» и неизменным порядком мироздания. Это был материализм, оплодотворенный идеей эволюции в космогонии, геологии, биологии, вооруженный законом сохранения и превращения энергии, обогащенный открытиями разносторонних глубоких связей между различными физическими процессами. Таким образом, содержание понятия «механический материализм» теперь уже не соответствовало тому застывшему метафизическому взгляду на мир, который господствовал в XVIII в. и который часто называют механицизмом.

С точки зрения изучения диалектики научного познания представляет существенный интерес то новое содержание, которое вкладывал А. Г. Столетов в понятие «механизм».

Обратимся прежде всего к конкретным научным работам А. Г. Столетова. Показательно, что молодой Столетов начал чтение курса лекций в Московском университете обзором

¹ В. И. Л е н и н, Полное собрание сочинений, т. 18, стр. 279.

теории электричества. Он заканчивает эту лекцию напоминанием о программе Ньютона — «на явлениях движения изучать силы природы, а потом на основе этих сил доказать прочие явления».

Эта программа питала не только материалистическую физику, из нее вышло и индуктивистское ньютонианство с формальным описанием и односторонней эмпирией. После того, как в оптике одержала победу волновая теория света, а теплород уступил место механической теории тепла, последним убежищем ньютонианства осталось учение об электричестве, где наряду с эмпирией процветала теория дального действия Ампера — Вебера — Неймана. Упоминая о законе Вебера, Столетов указывает, что этот закон «способен породить некоторое недоверие». А. Г. Столетов явно симпатизирует «эфирным теориям», на первом месте среди которых стояла отмеченная Энгельсом теория Максвелла. Но эта теория, которая смогла синтезировать оптику и электричество и сделать приведшие к далеко идущим научным и практическим следствиям предсказания о существовании электромагнитных волн, еще не стала идейным средоточием электромагнетизма. Она нуждалась в прочном обосновании, в проверке ее предпосылок и выводов, в развитии и углублении ее основных идей. В этом направлении предстояла длительная и упорная борьба.

А. Г. Столетов, как мы уже говорили, был в первых рядах борцов за создание материалистической теории электромагнитных явлений, известной ныне под названием теории электромагнитного поля. Его докторская диссертация явилась не только важным моментом в разработке теоретических основ электротехники, но и способствовала в большой степени укреплению одной из основных идей электромагнитной теории: идеи об определяющей роли среды в электромагнитных взаимодействиях. Эта идея явилась отправным пунктом в борьбе против теории дального действия через пустоту.

Столетов хорошо понимал значение этой идеи. Среда, в которой по теории близкого действия разыгрываются электромагнитные процессы, является ареной оптических и гравитационных явлений. Развивая эту мысль, Максвелл показал, что свет является частным случаем электромагнитного поля и что оптические и электрические характеристики вещества связаны определенной зависимостью. Этот важный вывод был отмечен Энгельсом как несомненный успех теории Максвелла. Но этот вывод требовал глубокого экспериментального подтверждения.

Ученики и сотрудники Столетова — П. А. Зиллов и Н. Н. Шиллер — по его инициативе и при его активном содействии предприняли исследование в этом направлении. Какое значение для развития электромагнитной теории света имели эти исследования, можно судить по тому факту, что в своей последней работе «Электричество», опубликованной после его смерти, Максвелл прямо ссылался на работы П. А. Зилова и Н. Н. Шиллера, как на работы не только подтверждающие выводы теории, но и прокладывающие пути дальнейшего развития исследований свойств вещества.

Мы говорили уже о собственных исследованиях А. Г. Столетова по обоснованию и развитию электромагнитной теории света. Результаты этих исследований показывают, что Столетов выходил за пределы метафизического механистического материализма. Своими исследованиями он содействовал укреплению одной из основных черт материалистической диалектики — учения о всеобщей связи явлений. Разрабатывая мысль о связи света и электричества, Столетов обратил внимание на одно наблюдение Герца, сделанное во время работ по открытию и исследованию электромагнитных волн. Наблюдение Герца заключалось в том, что освещение искрового промежутка ультрафиолетовым светом существенно облегчает разряд. Как уже было сказано, Столетов тщательно исследовал этот эффект, который он

назвал «актиноэлектрическим», а мы теперь называем фотоэлектрическим. Столетов открыл первые основные законы фотоэффекта, изучил закономерности газового разряда при освещенном катоде. Эти исследования А. Г. Столетова не только укрепляли идею о глубокой связи электричества и света, но и подвели физику к открытию сложных противоречивых законов микромира, к открытию двойственной природы света. Сам Столетов, проведя аналогию между явлениями, происходящими при электрическом разряде в газах и изучаемыми им актиноэлектрическими явлениями, писал:

«Там и здесь явления электрические тесно связаны с световыми, там и здесь катод играет особенную роль и, видимо, распыляется. Изучение актиноэлектрических разрядов обещает пролить свет на процессы распространения электричества в газах вообще».

Это предвидение А. Г. Столетова блестяще оправдалось. Он не дожид до открытия электрона, которое пролило свет на распространение электричества в газах, но его работы содействовали этому открытию.

Таким образом «механизм» в понимании А. Г. Столетова означал признание объективных законов реального мира, которые надлежало открыть и глубоко изучить. Изучая объективные реальные взаимосвязи, А. Г. Столетов выходил за ограниченные пределы механистического материализма и тем самым содействовал развитию и укреплению высшей формы материализма — диалектического материализма.

Обратимся к собственно философским высказываниям А. Г. Столетова. А. Г. Столетов в своих статьях и речах неоднократно обращается к спору Гёте с Ньютоном, и это очень характерное обстоятельство. Как известно, Ньютон был индуктивистом, причем метод анализа был в его исследованиях господствующим методом. Так, материя была у Ньютона оторвана от сил (т. е. движения), от пространства.

Анализ явления, выделение его из общей связи — вещь в научном исследовании неизбежная. Сам эксперимент основан на таком выделении, выявлении основных, существенных черт изучаемого процесса. Ньютон владел этим методом в совершенстве и об этом свидетельствуют его классические опыты по разложению белого света призмой. Но гипертрофированный индуктивизм привел Ньютона к метафизическим противопоставлениям (пространство, время, материя, движение).

Гёте боролся с Ньютоном с позиций стихийной диалектики, упрекая его за нарушение единства, целостности природы, в частности, за нарушение «единства вечного света». Гипертрофируя это учение о единстве мира, Гёте вообще восставал против эксперимента, выдвинув тезис «природа не мееет на пытке».

Как же расценивает этот спор А. Г. Столетов, превосходяно владеющий экспериментом и математическим анализом?

А. Г. Столетов не противопоставляет, а диалектически объединяет анализ и синтез. Он защищает право физика вскрывать «механизм» природы, чтобы, овладев знанием ее объективных законов, поставить их на службу человеку. Вместе с тем, указывает А. Г. Столетов, «наука не теряет из вида синтеза и обобщения».

Тезис о единстве вещественного мира, в котором Столетов усматривает высший синтез, является доминирующим в его мировоззрении. Закон тяготения он рассматривает как одно из проявлений всеобщей связи во вселенной.

В связи с открытием спектрального анализа А. Г. Столетов писал: «Факты, открытые спектроскопом, не служат ли твердой опорой для одного из самых смелых синтезов нашего времени? Не говорят ли они красноречивее чем что-либо с тех пор, как открыто всемирное тяготение, не говорят ли они о вещественном единстве и общем происхождении видимой вселенной?»

Открытие сжижения постоянных газов (воздуха, азота, кислорода, водорода) Столетов расценивает как победу материалистического воззрения на природу, как снятие одной из метафизических перегородок. «Тела, наиболее загадочные и неуловимые, когда-то казавшиеся переходом к миру сверхъестественному, окончательно приравнены к остальной материи».

Поэтому-то А. Г. Столетов сразу становится приверженцем электромагнитной теории света, синтезирующей оптику и учение об электромагнитных процессах. Все специфические формы излучения: инфракрасные лучи, видимые лучи, ультрафиолетовые лучи — имеют общую электромагнитную природу. Вполне закономерна постановка Столетовым вопроса: «Нет ли в спектре солнца лучей с большой длиной волны, вроде герцовых лучей? Весьма возможно, что есть, что солнце шлет и нам лучи, лежащие далеко за пределами инфракрасного спектра, не производящие заметного нагревания, не способные действовать электромагнитно».

Догадка А. Г. Столетова подтвердилась. Радиоастрономия ныне стала интенсивно развивающейся отраслью естествознания и дает нам новые ценные сведения о структуре вселенной.

Идея о единстве вещественного мира, о всеобщей связи сочетается у А. Г. Столетова с идеей развития, и в этом отношении Столетов также выходит за рамки метафизического механицизма, рассматривающего мир как нечто раз навсегда данное. А. Г. Столетов подчеркивает в качестве сильной черты научных воззрений Гёте идею эволюции. «Его труды в области биологических наук,—говорит Столетов о Гёте,—освещают капитальные вопросы светом той, в ту пору новой, идеи об эволюции, которая так блистательно развивалась на наших глазах».

Как и все передовые русские ученые, находившиеся под сильным влиянием русской материалистической философии,

А. Г. Столетов становится на позицию дарвинизма. Но этого мало. Столетов считает, что природа в целом имеет историю. «Попытки угадать эту историю всегда выходят за область старого знания. Здесь наука, познавая свои настоящие границы, но условно переходя их, старается дорисовать бесконечную картину по тем немногим чертам подлинника, которые она успела подглядеть». Обратим внимание на выражение Столетова: «Наука подглядывает черты подлинника». Объективный характер человеческого знания решительно признается ученым.

А. Г. Столетов не считает возможным догматически придерживаться концепции неизменных атомов, метафизического механицизма, в которых Максвелл усматривает извечные черты «творца неба и земли». Он сочувственно цитирует слова Ньютона: «Быть может, все вещи происходят из эфира». «Слова замечательные, — говорит Столетов, — не пророческие ли? Это покажут дальнейшие успехи науки. Может быть, ни в той, так в другой форме возникнет снова эта мысль, опираясь на более веские данные, и мы действительно проникнем в секреты «питания» небесных тел».

Рождение частиц («пар») из электромагнитного поля стало фактом современной науки. Открытие ядерной энергии дало «веские данные» для проникновения в секреты «питания» небесных тел. Это, равно как и многие другие высказывания А. Г. Столетова, характеризует его глубокую веру в успехи науки, в ее всепобеждающую силу.

Научный оптимизм — характерная черта мировоззрения А. Г. Столетова. Поэтому-то он разгадал пессимистический, враждебный науке характер философии Маха и энергетики Оствальда, заклеив их метко и правильно словом «декаденты».

Значение этой борьбы А. Г. Столетова нельзя переоценить. Но тут же следует добавить, что влияние механисти-

ческой формы сказалось в ряде непоследовательностей, допущенных Столетовым. Правильно указав на реакционный символизм махистов и энергетиков, Столетов не сумел раскрыть опасность для материалистического естествознания, таящуюся в теории иероглифов Гельмгольца. Но вместе с тем А. Г. Столетов указывает, что механику следует понимать не в узко ньютоновском значении, а в более общем смысле слова, как «физическое учение о движении».

А. Г. Столетов указывает на сложность физического объекта—вещества, которое не исчерпывается общим понятием энергии. С исключительной глубиной Столетов указывает на невозможность исчерпания природы какой-либо единой субстанцией, будь то первоматерия, или неизменный атом механистов. «На какие бы ясно представляемые элементы ни разложили мы природу, — говорит Столетов, — мы не можем быть уверены, что дошли до конца, что наши «като́мы» не суть системы других атомов второго порядка, или даже «форма движения» другой субстанции, что наши «элементарные силы» не суть следствия других сил или движений».

Мы можем и должны подвигаться к цели на твердо выбранном пути, но не обольщаясь надеждой когда-либо достигнуть ее вполне».

Не будучи диалектиком, А. Г. Столетов еще не может решить вопрос о соотношении между относительной и абсолютной истиной, сформулировать учение о неисчерпаемости атомов. Но он, руководствуясь практикой передового естествознания, выходит за рамки механистических представлений, пытается преодолеть метафизическую ограниченность механистического материализма. Изучая в своих работах новые виды взаимопревращений энергии (фотоэффект), Столетов содействует укреплению и развитию диалектического материализма.

Характерной особенностью мировоззрения Столетова является исторический подход к анализу физических явлений. В его очерках и статьях научные понятия и проблемы показаны в историческом развитии, в движении.

А. Г. Столетов хорошо знает факты истории науки. Он представляет историю науки не как внутренний самодовлеющий процесс, а связывает развитие науки с жизнью общества, указывает на значение таких событий в истории человечества, как реформация, английская революция, французская революция.

С особенной любовью он рисует облик гениального деятеля эпохи возрождения Леонардо да Винчи. А. Г. Столетов подчеркивает многогранность творчества Леонардо да Винчи, прогрессивный характер его мировоззрения. Он высоко ценит материализм этого ученого.

Очень тонко Столетов указывает на родственность научного и художественного творчества Леонардо да Винчи. А. Г. Столетов обращается к человечеству с призывом осуществить идеал личности, в котором гармонично сочетается научное и художественное творчество. «Идеал, им руководящий, бесспорно не легко доступен. Но припомним еще раз, в какое время жил Леонардо — время, когда наука, можно сказать, не существовала, и нужно было ощупью и без руководства отыскивать ее неизвестные или забытые пути. Те знания, какие ныне вошли в обиход начальной школы, едва мелькали в умах немногих избранников. И, однако же, слияние научных и художественных интересов оказалось под силу хотя бы одному исключительно одаренному человеку. Неужели оно теперь, на исходе XIX века, века науки и всеобщего обучения, должно считаться все еще несвоевременным или недопустимым».

Этот горячий призыв А. Г. Столетова осуществляется в стране победившего социализма.

Основная литература о А. Г. Столетов

1. «Университетские известия», Киев, № 9, 11, 12, 1896 (П. М. Покровский, Александр Григорьевич Столетов, № 11, стр. 1—2; Его же, Речь при избрании А. Г. Столетова в почетные члены Киевского физико-математического общества 24 апреля 1896 г., № 9, стр. 12—14; Н. Н. Шиллер, Характеристика личности и научных трудов покойного проф. Александра Григорьевича Столетова, № 12, стр. 1—10).

2. Д. А. Гольдгаммер, Памяти профессора А. Г. Столетова, Казань, 1897.

3. А. П. Соколов, Биография Столетова А. Г., Спб., 1898.

4. «Известия Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии», 1898, т. 93, вып. 2. Труды отделения физических наук, т. 9, вып. 2 (И. Боргман, О деятельности А. Г. Столетова в физико-химическом обществе, стр. 51—52; Н. Е. Жуковский, О деятельности А. Г. Столетова в Обществе любителей естествознания, стр. 53—54; А. Репман, О деятельности А. Г. Столетова в Политехническом музее, стр. 54; П. Н. Лебедев, Экспериментальная работа А. Г. Столетова, стр. 54—59).

5. «Успехи физических наук», т. XXII, вып. 4, 1939 (А. К. Тимирязев, Александр Григорьевич Столетов — основатель русской физики. К 100-летию со дня рождения, стр. 369—383;

6. А. А. Глаголева-Аркадьева, Александр Григорьевич Столетов. К 100-летию со дня рождения, «Физика в школе», 1939, № 4, стр. 3—7.

7. И. Б. Файнбойм, Александр Григорьевич Столетов, «Электричество», 1939, № 10—11, стр. 87—89.

8. А. К. Тимирязев, Из истории русской физики. А. Г. Столетов, «Советская наука», 1940, № 1, стр. 94—105.

9. «Ученые записки Московского государственного университета». Юбилейная серия, физика, вып. 52, 1940 (А. К. Тимирязев, Александр Григорьевич Столетов, стр. 57—68; Н. А. Капцов, От времен Столетова по 1911 г., стр. 53—56; Его же, Научные работы Александра Григорьевича Столетова, стр. 71—80).

10. М. Фундер, Роль А. Г. Столетова в истории русской физики, «Под знаменем марксизма», 1940, № 2, стр. 165—180.

11. К. А. Тимирязев, Александр Григорьевич Столетов. В книге «А. Г. Столетов», Собрание сочинений, т. II, 1941, стр. 5—28.

12. А. К. Тимирязев, Основоположники физики в России М. В. Ломоносов, А. Г. Столетов, П. Н. Лебедев, «Ученые записки Московского государственного университета», вып. 92, 1946.

13. А. Елисеев, А. Г. Столетов, «Физика в школе», 1946, № 2, стр. 23—42.

14. А. А. Глаголева - Аркадьева, Александр Григорьевич Столетов. В книге: «Люди русской науки», т. I, ГИТТЛ, М.—Л., 1948, стр. 133—142.

15. А. К. Тимирязев, Александр Григорьевич Столетов. Биографический очерк, изд. МГУ, М., 1948.

16. А. К. Тимирязев, А. Г. Столетов. В книге: «Очерки по истории физики в России», Учпедгиз, М., 1949, стр. 92—103.

17. К. Андреев, Открытие А. Г. Столетова. В сборнике «Наука и жизнь», М., 1949, стр. 159—172.

18. Академик П. П. Лазарев, А. Г. Столетов (биография). В книге: «Очерки истории русской науки», изд. АН СССР, М. — Л., 1950, стр. 167—176.

19. В. Болховитинов, Столетов, изд. «Молодая гвардия», М., 1965.

20. «История Московского университета», т. I, 1955.

21. А. Ф. Кононков, История физики в Московском университете, изд. МГУ, М., 1955.

22. «Ученые записки Тамбовского государственного педагогического института», вып. 8, 1955 (П. С. Кудрявцев, Столетов и его воззрения, стр. 5—21; Е. Г. Быкова, Борьба Столетова за создание физического института и организацию физической лаборатории, стр. 31—41; Г. М. Тепляков, А. Г. Столетов — основатель Московской школы физиков, стр. 42—62).

23. П. С. Кудрявцев, История физики, т. 2, Учпедгиз, М., 1956.

24. А. И. Компанеев, Мировоззрение А. Г. Столетова, изд. АН СССР, М., 1956.

25. Б. И. Спасский, История физики, ч. 2, изд. МГУ, М., 1956.

26. «Иван Филиппович Усагин», изд. МГУ, М., 1959.

27. «Александр Григорьевич Столетов». В книге: «Люди русской науки». Математика. Механика. Астрономия. Физика. Химия, Физматгиз, М., 1961, стр. 152—159.

28. П. С. Кудрявцев, Г. М. Тепляков, Александр Григорьевич Столетов. К 125-летию со дня рождения, «Физика в школе», 1964, № 4.

Дополнительные литературные источники

1. А. Г. Столетов, Собрание сочинений, т. I, II, III, Гостехиздат, 1939—1947.

2. П. Н. Лебедев, Собрание сочинений, изд. АН СССР, М., 1963.

3. Д. К. Максвелл, Избранные сочинения по теории электромагнитного поля, под ред. П. С. Кудрявцева, М., 1952.

4. Н. А. Умов, Собрание сочинений, т. III, М., 1916.

5. «50 лет волн Герца», изд. АН СССР, М., 1938.

6. Н. Н. Шиллер, Опытное исследование электрических колебаний, М., 1874.

Архивные материалы о Столетове, использованные в работе

1. Архив АН СССР, фонд 328, оп. I, № 153; оп. 2, № 61; фонд 69, оп. 3, № 466.

2. ЦГИАЛ, фонд 733, оп. 150.

3. Архив МГУ, журналы Совета университета, протоколы заседания физико-математического факультета.

4. Московский областной исторический архив, фонд 418.

5. Отдел рукописей библиотеки имени В. И. Ленина, фонд Герье, оп. 69.

6. «Письма А. Г. Столетову», Научная библиотека физического факультета МГУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Детство и юность	5
Университетские годы	7
Первая поездка за границу.	13
Начало университетской деятельности. Магистерская диссертация	19
Вторая поездка за границу. Докторская диссертация	24
Создатель физической лаборатории и школы русских физиков	34
Пропагандист и популяризатор научных знаний	64
Достоинный представитель русской физики за границей . . .	73
Фотоэлектрические исследования	81
Критический талант	100
Тягостный спор	105
Последние годы	114
Мировоззрение А. Г. Столетова	119
Основная литература о А. Г. Столетове	132
Дополнительные литературные источники	134
Архивные материалы, использованные в работе	—

*Георгий Михайлович Тепляков
Павел Степанович Кудрявцев*

АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ СТОЛЕТОВ

Редактор *Л. Л. Величко*. Художник *Л. М. Чернышев*.
Художественный редактор *В. И. Рывчин*.
Технический редактор *И. В. Квасницкая*.
Корректор *Н. М. Данковцева*

Сдано в набор 13/X 1965 г. Подписано к печати 16/III 1966 г. 70 × 108¹/₃₂. Печ. л. 4.25 (5.95)
Уч.-изд. л. 5.78. Тираж 25000 экз. (Пл. 1966 г. № 177) А 13861. Заказ № 368

Издательство «Просвещение» Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Саратовский полиграфический комбинат Росглавполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Саратов, ул. Чернышевского, 59.

Цена 13 к.

18 КОП.

ПРОСВЕЩЕНИЕ.1966