

У истоков квантовой электроники

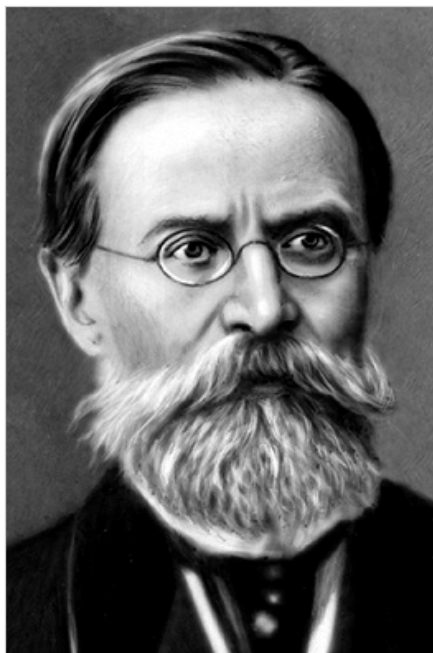
К 180-летию со дня рождения А.Г. Столетова

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

В статье, приуроченной к 180-летию со дня рождения нашего великого соотечественника Александра Григорьевича Столетова, рассказывается о его жизненном пути, достижениях в научных исследованиях и открытиях в годы зарождения электромагнетизма, электромагнитной теории и квантовой электроники в России.

ВВЕДЕНИЕ

Александр Григорьевич Столетов родился 29 июля (10 августа) 1839 года. Родина этого выдающегося учёного, профессора Московского университета – город Владимир [1]. Здесь прошли его детские и юношеские годы. В кремле – древней части Владимира – располагались соборы XII века (Успенский и Дмитриевский), а также казённые каменные здания: присутственные места, дом губернатора, Дом дворянского собрания, мужская гимназия. В одном ряду с Успенским и Дмитриевским соборами, к востоку от них, стоял Рождественский мужской монастырь XII века, напротив которого купцом Д.Я. Столетовым (прадедом А.Г. Столетова) был построен двухэтажный каменный дом в формах позднего классицизма конца XVIII века. Этот дом сохранился до настоящего времени (№ 59 по улице Большой Московской) –



А.Г. Столетов (1839–1896)

ему суждено было стать фамильным наследственным домом Столетовых.

Владимирская семья Столетовых, как и многие другие купеческие семьи, во многом сохраняла традиционные, патриархальные устои, но в то же время это была замечательная, дружная и просвещённая семья. У родителей Александра Григорьевича было шесть детей: четыре сына и две дочери. Александр был четвёртым. Это младшее поколение Столетовых много трудилось, приобретая разносторонние знания. Блестящее университетское образование, соединившись с природной одарённостью, позволило Столетовым встать в ряд лучших представителей российской интеллигенции: Николай Григорьевич Столетов стал генералом от инфантерии, видным военным деятелем, Дмитрий Григорьевич Столетов – генерал-майором артиллерии, а Александр Григорьевич – одним из основоположников физики электромагнетизма, оптики и фотоэлектричества. Он открыл и исследовал законы внешнего фотоэффекта, предвосхитив тем самым его объяснение квантовым характером взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.

ДЕТСТВО А.Г. СТОЛЕТОВА

Александр рос живым, общительным, подвижным мальчиком. Воспитанием детей занималась их мать, Александра Васильевна (до замужества Полежаева), которая была сердечной, умной, энергичной и образованной женщиной, любившей художественную литературу, искусство и музыку. Она умело и чутко руководила их занятиями, прививала детям любовь к труду, к книге, поощряла всякое хорошее начинание. Воспитателем она была идеальным и заслужила со стороны всех своих детей глубокую любовь и уважение. Она удачно сочетала в себе качества преданной

матери, друга и наставника. Под влиянием матери Александр рано потянулся к знаниям. Этому способствовало наличие у мальчика незаурядных способностей, проявившихся в самом раннем детстве. Ему ещё не было пяти лет, когда он самостоятельно и незаметно для близких научился читать. У него была прекрасная память, что немало помогало ему во всех его увлечениях. Он, например, увлекался поэзией, знал наизусть множество стихов и очень любил декламировать; обожал русскую классику.

Наряду с матерью большое участие в воспитании Александра принимал его старший брат Николай. В 1850 году он с золотой медалью окончил Владимирскую гимназию, затем поступил на математический факультет Московского университета. Завершив свое образование получением степени кандидата математических наук, Николай Столетов решил посвятить себя военной деятельности. Сразу после окончания университета он ушёл на фронт: Россия в это время вела Крымскую войну. Николай Столетов участвовал в героической обороне Севастополя и в этот же период встретился со Львом Николаевичем Толстым и подружился с ним. Выдающиеся качества ума и характера Николая Столетова объясняют его большое влияние на младшего брата.

В детские годы Александр Столетов начинает изучать французский язык, в чём ему помогает старший брат Николай, который заставляет Александра делать переводы, старается разговаривать с ним по-французски. Такая форма занятий, повседневного общения позволила Александру изучить этот язык очень быстро и весьма основательно. Позже Александр Григорьевич также в совершенстве овладел немецким и английским языками. Первокласное знание основных европейских языков, так полезное каждому научному работнику, было особенно необходимо Столетову в его последующей деятельности.

В 1849 году, когда мальчику исполнилось десять лет, родители отдали его во Владимирскую гимназию, сразу во второй класс. Владимирская губернская

гимназия была основана на базе Главного народного училища, начавшего свою деятельность в 1786 году. К моменту, когда в неё был принят А.Г. Столетов, гимназия уже имела почти полувековой опыт в обучении молодых людей. В семи классах гимназии обязательными предметами были русский язык, закон божий, география, история, математика, физика, физическая география, естественная история, немецкий язык, французский язык, черчение и рисование, русское законоведение, а в отделении готовящихся в университет – ещё и латинский язык. Во время учёбы у Столетова появился интерес к точным наукам, главным образом к физике.

Гимназический преподаватель математики и физики Н.Н. Бодров был прекрасным педагогом, творческим, умевшим увлекательно преподнести материал. Уроки физики очень часто сопровождалось демонстрационными опытами, показом действующих физических приборов или их моделей. Его уроки были интересны и содержательны. Физика по-настоящему и надолго увлекла Александра Григорьевича. Ему настолько нравились демонстрируемые в гимназии физические опыты, что он старался их повторить в домашних условиях. Мальчик мастерит самодельные приборы, пытается строить машины, при помощи несложных и примитивных приспособлений показывает своим домашним физические опыты, с удовольствием читает книги по физике.

В середине июня 1856 года Александр Столетов успешно заканчивает обучение в гимназии. За отличные успехи ему, как и его старшему брату, была присуждена золотая медаль.

УЧЁБА А.Г. СТОЛЕТОВА В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И ЗА ГРАНИЦЕЙ

Решение Александра Столетова о поступлении в Московский университет было одобрено его домашними (получение образования в этом учебном заведении становилось их семейной традицией), и в середине лета 1856 года он приехал в Москву, где осенью того же года стал студентом математического отделения физико-математического факультета Московского университета.

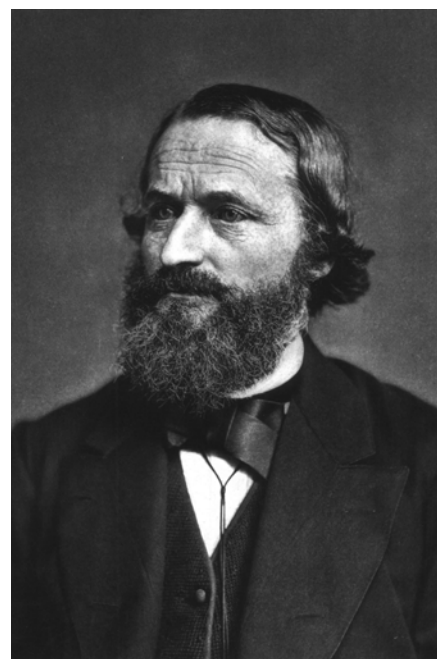
Университетская среда того времени и сами условия эпохи, с резким обострением противоречий, возникших в стране, нарастанием революционных настроений, вызванных поражением

русского самодержавия в Крымской войне, способствовали распространению среди студентов и преподавательского состава революционных взглядов, мыслей и идей, заставляли глубже задумываться над животрепещущими социально-политическими проблемами, злободневными вопросами, волновавшими тогдашнее общество. Не случайно после смерти Николая I сменивший его Александр II в марте 1856 года в своей речи, обращённой к предводителям московского дворянства, подчеркнул, что лучше освободить крестьян от крепостной зависимости, нежели ждать, когда они освободятся сами.

Складывавшаяся революционная ситуация вынудила царское правительство 5 марта 1861 года обнародовать манифест об отмене крепостного права. Это событие привело к быстрому развитию промышленного капитала в России, чему способствовал массовый приток в города на заработки крестьян, вынужденных покидать насиженные места, что было на руку владельцам фабрик и заводов, получивших дешёвую рабочую силу.

Александра Столетова, как и многих его товарищей по университету, конечно, интересовали общественно-политические события, разыгрывавшиеся в стенах университета и за его пределами, но до поры до времени он не принимал в них активного участия. Его полностью поглощали занятия. Отдаваясь целиком наукам, он стремился как можно лучше, полнее и глубже впитать в себя всё то, что провозглашалось с профессорских кафедр. В 1860 году Александр Григорьевич Столетов окончил физико-математический факультет Московского университета со званием кандидата [2]. Задолго до этого на него обратил внимание декан факультета профессор Г.Е. Щуровский, который видел в Столетове человека с незаурядными способностями, преданного науке, серьёзного и трудолюбивого. В Совет университета было подано ходатайство об оставлении Столетова при учебном заведении для подготовки к профессорскому званию. В начале сентября 1861 года вышло соответствующее решение. В жизни А.Г. Столетова начался новый этап.

Весной 1862 года на средства стипендии, специально предназначенной для научной заграничной командировки на 2 года, А.Г. Столетов, как наиболее энергичный, трудолюбивый, с незаурядными способностями и хорошим



Г.Р. Кирхгоф (1824–1887)

знанием иностранных языков специалист, был направлен в Гейдельберг – город, в котором жили и работали такие выдающиеся физики, как Кирхгоф и Гельмгольц.

В Гейдельберге Александр Григорьевич начал посещать лекции по математической физике одного из основоположников спектрального анализа Г. Кирхгофа, находившегося в то время на вершине своей славы. Там же Столетов слушает лекции Гельмгольца, этого удивительного по разносторонности своих научных интересов человека. Летом 1863 года А.Г. Столетов отправился в Геттинген, где слушал лекции Вебера, а также Мейера по теоретической оптике. Через некоторое время Столетов переехал в Берлин. Там он в течение зимы 1863–1864 годов слушал лекции Магнуса, Квинке, Паальцова, Дове и работал в частной физической лаборатории Магнуса. Затем Александр Григорьевич решил вернуться в Гейдельберг к Кирхгофу, который только что открыл физическую лабораторию при университете.

В Гейдельберге Столетов, как и прежде, слушал лекции Кирхгофа по математической физике и очень много работал под руководством этого учёного в лаборатории физического практикума. Совместная работа сблизила их – между ними возникла дружба. В Кирхгофе Столетов видел выдающегося учёного, обогатившего науку рядом ценных открытий. В своём ученике Кирхгоф усмотрел талантливую, настойчивую в достижении цели,

серьёзного и чрезвычайно работоспособного молодого человека, упорно стремящегося овладеть знаниями. Кирхгоф никогда не делал комплиментов своим ученикам и всегда давал им весьма трезвую, а подчас даже суровую оценку. Столетов же он считал своим лучшим учеником. По возвращении в Москву Столетов не порвал связи с Кирхгофом и переписывался с ним на протяжении всех последующих лет, вплоть до его смерти.

В Москву Столетов вернулся в начале 1866 года, пробыв, таким образом, за границей вместо двух лет три с половиной года. Назначенного первоначально срока не хватило для завершения научной программы, и Столетов вынужден был обратиться с просьбой о продлении срока пребывания за границей. Это время совпало с началом интенсивного развития научной деятельности в области физики. В ряде европейских стран начали создаваться физические лаборатории и институты. В различных городах Европы, а затем в Петербурге появились специальные физические практикумы для студентов. Становилось всё яснее, что физика, подарившая миру величайшие открытия, является важнейшей наукой, без развития которой невозможен дальнейший прогресс. Этот процесс стремительного роста научно-исследовательских учреждений, начавшийся в конце 60-х годов XIX века, захватил большинство европейских стран.

Столетов, являвшийся свидетелем этого подъёма интереса к физике и сам прекрасно понявший выдающуюся роль физических исследований, вернулся в Москву с твёрдым намерением принять активное участие в создании условий, которые могли бы способствовать повышению уровня отечественной физической науки.

Первые научные достижения А.Г. Столетова

Когда Столетов в 1866 году из своей заграничной командировки вернулся в Московский университет, руководитель кафедры опытной физики профессор Н.А. Любимов просил его взяться за чтение курса математической физики, а кроме того, физической географии. Подобное предложение было, пожалуй, наиболее приемлемым для Столетова, поскольку в то время в университете не было физической лаборатории и не имелось никакой возможности вести экспериментальные исследования.

Горя желанием как можно скорее приступить к активной деятельности, Столетов уже в феврале 1866 года начал чтение курсов математической физики и физической географии. Перед ним встала довольно трудная задача: он должен был заново строить свои курсы, главным образом, конечно, курс математической физики, ибо не мог опираться на опыт своих предшественников. Правда, Столетов сам только что слушал блестящие по форме и глубокие по содержанию лекции Кирхгофа, но они были рассчитаны на более подготовленную аудиторию и поэтому могли служить лишь подспорьем в подготавливаемых Александром Григорьевичем курсах.

В течение двенадцати лет Столетов читал студентам курс математической (теоретической) физики, и на протяжении всего этого периода непрерывно совершенствовал его. В результате, по отзывам современников, его лекции всегда отличались блестящей, безукоризненной формой, правильностью языка и высоким научным уровнем. К.А. Тимирязев писал: «Он поставил сначала математическую, а затем экспериментальную физику на высоту, соответствующую их современному развитию» [3].

Не прерывая своей педагогической работы, Столетов начал активно готовиться к защите магистерской диссертации. Перед ним стояла проблема: делать экспериментальную работу вне Москвы, в какой-нибудь гостеприимной лаборатории (ибо в Москве физических лабораторий ещё не существовало), или же приняться за теоретическое исследование. Столетов мог поехать в Петербургский университет к Ф.Ф. Петрушевскому, который в это время интенсивно расширял свой физический кабинет, но такое решение повлекло бы за собой срыв читаемых им курсов. Поэтому вполне естественно, что А.Г. Столетов остановил свой выбор на работе теоретического характера. Темой своего исследования он выбрал вопрос, связанный с теорией электричества, озаглавив его «Общая задача электростатики и приведение её к простейшему случаю». Нужно сказать, что решённая Столетовым задача по своему смыслу содержала больше математических элементов, чем физических. Тем не менее она представляла интерес в равной мере как для физиков, так и для математиков.

15 февраля 1869 года на заседании Московского математического общества Столетов сделал доклад, в котором

изложил общий ход решения задачи и принципы, положенные в основу исследования, а в мае того же года он защитил магистерскую диссертацию. Теоретическая работа А.Г. Столетова, показавшая блестящее знание математического аппарата её автором, в то же время явилась, по существу, прообразом последующих теоретических работ, выполненных в России. Её характерные черты: исключительная чёткость формулируемых положений, простое и изящное изложение, полнота решения.

В том же году Александр Григорьевич стал доцентом. Обладая всеми необходимыми данными для того, чтобы стать теоретиком, А.Г. Столетов всё же отказался от этого пути. С самого начала научной деятельности его влекло к эксперименту. В Москве Столетов одним из первых поставил вопрос об организации физической лаборатории.

По его представлениям, физическая лаборатория должна была стать центром научно-исследовательской работы профессора и его помощников, где студенты могли бы приобретать экспериментальные навыки. Однако для выполнения экспериментов в рамках подготовки выполнения докторской диссертации весной 1871 года Александр Григорьевич вынужден был снова поехать к Кирхгофу в Гейдельберг с просьбой разрешить ему выполнить экспериментальную работу в этом городе, на что получил радушное согласие. По приезду Столетов предпринял опытное исследование, посвящённое изучению зависимости магнитной восприимчивости железа от напряжённости магнитного поля. Нужно заметить, что, будучи в Гейдельберге ещё в 1865 году, Столетов уже интересовался этой проблемой, никем как следует не разработанной. Таким образом, начиная свое экспериментальное изучение этой темы, А.Г. Столетов брался фактически за новый вопрос. В Гейдельберге Столетов пробыл всего лишь полгода, с мая по ноябрь, успев выполнить за этот короткий срок все необходимые опыты, и возвратился в Москву для последующей обработки полученного им материала и написания самой диссертации.

В начале 1872 года диссертация Столетова «Исследование о функции намагничения мягкого железа» была им представлена на факультет. В апреле 1872 года состоялся диспут, который закончился присуждением Александру Григорьевичу учёной степени доктора физических наук. «Исследова-

ние о функции намагничивания мягкого железа» было последним экспериментальным исследованием А.Г. Столетова, проведённым им вне стен университета. В июне 1872 года он был произведён в экстраординарные профессора, а в следующем 1873 году – в ординарные.

СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Вскоре после приезда из Гейдельберга, ещё до защиты докторской диссертации, А.Г. Столетов возобновил свои хлопоты по поводу организации физической лаборатории. На этот раз дело увенчалось успехом. Осенью 1872 года факультет получил помещение для устройства в нём лаборатории. По мысли А.Г. Столетова, в лаборатории должен был проходить физический практикум для студентов и проводиться научная работа силами профессоров и сотрудников кафедры. В конце того же года физическая лаборатория была уже готова к приёму студентов – практические занятия по физике начались.

Естественно, что заведующим лабораторией был назначен А.Г. Столетов. Педагогические обязанности отнимали у него очень много времени, кроме того, физическая лаборатория ещё не была достаточно хорошо оборудована. Тем не менее он продолжал заниматься научной работой. Своё новое экспериментальное исследование он посвятил разработке метода измерения отношения электромагнитной единицы количества электричества к электростатической. Причины, побудившие А.Г. Столетова заняться этим исследованием, объясняются его возросшим интересом к трудам выдающегося английского физика Джеймса Максвелла. В своём «Трактате об электричестве и магнетизме» Максвелл показал, что отношение электромагнитной единицы количества электричества к электростатической равняется скорости распространения электромагнитных возмущений в безвоздушном пространстве. Но этот чисто теоретический результат, являвшийся основным, фундаментальным выводом теории, не был подкреплён точными и надёжными опытными данными. Убеждение в необходимости экспериментального доказательства теоретического вывода Максвелла, а кроме того, ясное понимание важности этого доказательства и побудили Столетова взяться за такое сложное научное исследование.

Сам А.Г. Столетов такими словами формулирует цель предпринятой им работы: «Задачу настоящей работы составляет точное определение отношения единиц электромагнитных и электростатических – определение той скорости Максвелла, которая представляет скорость распространения электромагнитных действий в воздухе (или пустоте) и которая, по всей вероятности, не отличается от скорости света в той же самой среде» [4]. Он тщательно продумывал методику и пришёл к выводу, что «среди различных методов, которые применялись для установления величины скорости, существует один, который... может дать весьма точные результаты: это метод абсолютного конденсатора, т.е. конденсатора с воздухом (или вакуумом), ёмкость которого может быть точно вычислена по его форме и размерам» [4].

В 1871 году, ещё будучи в Гейдельберге и работая над своей докторской диссертацией, Столетов заказал конденсатор, который был изготовлен лишь через три года. Таким образом, Столетов начал свои измерения в 1874 году в недавно организованной им физической лаборатории. Эта работа была первым научным изысканием, проведённым учёным не на чужбине, а в своей лаборатории, на создание которой было положено так много труда. Успешно завершив работу по определению отношения электромагнитной единицы количества электричества к единице электростатической, проделанную в физической лаборатории Московского университета, Александр Григорьевич примерно на восемь лет прерывает свою экспериментальную деятельность.

В 1880 году, когда А.Г. Столетов закончил вчерне свою работу по определению величины скорости Максвелла, он уже пользовался широкой известностью как в России, так и за границей. Авторитет его как учёного и педагога уже в то время был велик, что и послужило поводом для избрания его председателем физического отделения Общества любителей естествознания. В течение восьми лет Столетов был целиком поглощён университетскими делами и большой общественной работой, проводившейся им в Москве.

В конце 1882 года профессор Н.А. Любимов, заведовавший кафедрой опытной физики, решил уйти из университета в Министерство просвещения. Заведование кафедрой перешло к А.Г. Столетову. Этот период в жизни



Г.Р. Герц (1857–1894)

Александра Григорьевича был целиком посвящён большой и напряжённой работе на поприще просвещения в самом широком смысле этого слова. Прежде всего он предпринял энергичные хлопоты по переоборудованию физической лаборатории. Получив кафедру опытной физики, он энергично принялся за улучшение читаемого курса, который был им тщательно продуман от начала до конца и, по существу, заново переработан. Новые экспериментальные исследования были им начаты лишь в 1888 году.

ОТКРЫТИЕ А.Г. СТОЛЕТОВЫМ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА

В начале 1888 года Александр Григорьевич, несмотря на свою необычайную занятость, сумел выделить время и снова приняться за научную работу. В течение нескольких месяцев напряжённого труда он сделал ряд ценных открытий, принесших ему мировое признание. Явления, изучением которых он так успешно занимался, были названы им актино-электрическими. Теперь их называют фотоэлектрическими. Толчком к началу работы послужили результаты экспериментальных исследований электромагнитных волн, проведённых Генрихом Герцем в Германии.

Занимаясь в 1877 году опытами с электромагнитными волнами, Герц попутно открыл совершенно новое явление. Оно заключалось в том, что искровой разряд, проходивший между двумя электродами, каждый раз облегчался в том случае, когда электроды освещались ультрафиоле-



Внешний вид фотоэлемента Ф-4 (из коллекции автора)

товыми лучами. Со свойственным ему чутьём физика, Герц не прошел мимо такого, на первый взгляд, незначительного факта, а сразу же обратил внимание на это явление и всесторонне его исследовал. Результаты этих исследований он изложил в статье «О влиянии ультрафиолетового света на электрический разряд», вышедшей в том же году [5]. Основным выводом, сделанный в статье, – ультрафиолетовое излучение явно облегчает искровой разряд. Это было твердо установленным экспериментальным фактом, не имеющим пока какого-нибудь разумного теоретического объяснения, что и подтвердил сам Герц. В то время ни сам он, ни его современники не отдавали себе ясного отчета, насколько крупную роль сыграл в науке и технике это открытие, получившее впоследствии название внешнего фотоэлектрического эффекта.

Этот круг ещё не разгаданных явлений заинтересовал Столетова. Нужно сказать, что Александр Григорьевич был учёным особого класса с необычайно развитым физическим чутьём. Он всегда очень тонко умел отличать главное от второстепенного и хорошо ощущал актуальность проблемы. Поэтому, когда он начал свои знаменитые актино-электрические исследования, он прекрасно понимал, что подробное и обстоятельное изучение обещает впереди много важного и интересного для науки. Его предположения более чем оправдались в его же собственных работах: Столетову удалось установить основные особенности и закономерности исследуемого им явления и открыть новые. Общепризнано, что актино-электрические иссле-

дования Столетова – наиболее выдающиеся из его научных работ.

Во второй половине февраля 1888 года Столетов начал свои опыты. В этот период изучением внешнего фотоэффекта занимались и другие физики: в Италии – А. Риги, во Франции – Е. Биша и Р. Блондло, в Германии – Э. Видеман, В. Гальвакс, Г. Эберт. Все они, а особенно Август Риги, были серьёзными исследователями. В своей монографии, обобщающей в основном все его актино-электрические исследования, Столетов писал: «Повторяя в начале 1888 г. интересные опыты гг. Герца, Видемана и Эберта, Гальвакса относительно действия лучей на электрические разряды высокого напряжения, я вздумал испытать, получится ли подобное действие при электричестве слабых потенциалов... Моя попытка имела успех выше ожидания. Первые мои опыты начаты около 20 февраля 1888 г. и продолжались непрерывно, насколько позволяли другие занятия, по 21 июня 1888 г. В течение этого времени мне удалось, полагаю, осветить некоторые любопытные вопросы относительно „актино-электрических действий“» [6].

Столетов установил следующие закономерности внешнего фотоэффекта, не утратившие своего значения до нашего времени:

- наиболее эффективное действие оказывают ультрафиолетовые лучи;
- под действием света вещество теряет только отрицательные заряды;
- сила тока, возникающего под действием света, прямо пропорциональна его интенсивности.

Непонятным для Столетова продолжало оставаться лишь одно: что же всё-таки происходит в процессе поглощения света металлическим диском-катодом? Какова природа возникающего актино-электрического тока? Нужно сказать, что на этот последний вопрос Столетов ответа дать не мог по вполне естественной причине, заключающейся в состоянии физических знаний конца 80-х годов позапрошлого столетия. Ни Герц, ни Столетов, ни Гальвакс, ни Риги, ни Видеман – одним словом, ни один из современников Столетова принципиально не мог дать правильного и тем более исчерпывающего ответа на этот вопрос, потому что в ту эпоху ещё ничего не было известно ни о строении атома, ни о существовании электронов, ни об их способности покидать при известных обстоятельствах пределы тела, ни о квантово-механических законах – могущественных законах естествознания. В связи с этим оконча-

тельная разгадка внешнего фотоэффекта не могла родиться раньше, чем появилась на свет классическая работа А. Эйнштейна, написанная им в 1905 году.

Однако к чести Столетова следует сказать, что он чрезвычайно близко подошёл к раскрытию физической сущности этого явления. Даже самое беглое и сжатое рассмотрение работ выдающегося физика нашей страны показывает, насколько глубоко разбирался он во всех вопросах и насколько дальновиден, прозорлив он был. Это утверждение станет ещё более очевидным, если вспомнить, что исследованием актино-электрического эффекта занималось достаточно большое число крупных физиков и ни один из них не смог установить истинной природы этих явлений. Тем более поразительной является точка зрения Столетова, считавшего, что «в разрядах, происходящих под действием лучей, необходимую роль играет механическая конвекция электричества».

Сущность этого явления заключается в том, что под действием падающего на тело электромагнитного излучения с его поверхности в окружающее пространство вылетают электроны. Открытие электрона принадлежит англичанину Джозефу Джону Томсону в 1897 году, а в 1899 году немецкий физик Ф. Ленард методом отклонения зарядов в электрическом и магнитном полях определил удельный заряд частиц, вырванных светом из катода, доказав, что эти частицы являются электронами. К сожалению, всё это произошло уже после смерти Столетова.

В 1905 году А. Эйнштейн сформулировал квантовую теорию света, согласно которой, фотоны, поглощённые веществом, в процессе поглощения отдают свою энергию атомам вещества, благодаря чему входящие в их состав электроны приобретают способность преодолевать удерживающие их связи с ядром и с поверхностью тела и вылетают наружу. Явление фотоэффекта и его закономерности были объяснены. Согласно Эйнштейну, свет частотой ν не только испускается, как это предполагал Планк, но и распространяется в пространстве и поглощается веществом отдельными порциями (квантами). Таким образом, распространение света нужно рассматривать не как непрерывный волновой процесс, а как поток локализованных в пространстве дискретных световых квантов, движущихся со скоростью распространения света в вакууме ($c=3 \times 10^8$ м/с). Кванты

электромагнитного излучения получили название фотонов.

Квантовая теория Эйнштейна позволила объяснить и ещё одну закономерность, установленную Столетовым. В 1888 Столетов заметил, что фототок появляется почти одновременно с освещением катода фотоэлемента. Согласно классической волновой теории, электрону в поле световой электромагнитной волны требуется время для накопления необходимой для вылета энергии, поэтому фотоэффект должен протекать с запаздыванием по крайней мере на несколько секунд. По квантовой теории же, когда фотон поглощается электроном, вся энергия первого переходит к последнему, при этом никакого времени для накопления энергии не требуется.

Спектральная характеристика вакуумного фотоэлектронного прибора определяется типом фотокатода, его толщиной, материалом подложки и окна (баллона) прибора. Приведём характеристики современного вакуумного фотоэлемента типа Ф-4:

- Назначение. Фотоэлемент типа Ф-4 вакуумный с сурьмяно-цезиевым (SbCs) фотокатодом со световым окном из увиолевого стекла (обладающего повышенным пропусканием ультрафиолетового излучения) предназначен для спектрофотометрических измерений.
- Основные технические данные. Катод сурьмяно-цезиевый массивный расположен на внутренней поверхности стенки баллона. Область спектральной чувствительности 215...600 нм. Наибольшая высота выводов 104 мм. Рабочее напряжение 30 В.
- Предельные условия эксплуатации. Область спектральной чувствительности 215...600 нм. Наибольшее напряжение питания 100 В.
- Параметры фотоэлемента. Спектральная чувствительность при длине

волны 600 нм составляет 9,4 мкА/мВт. Спектральная чувствительность при длине волны 400 нм составляет 65,8 мкА/мВт. Фототок при длине волны 215 нм и ширине щели спектрофотометра СФ-4, равной 2 мм, – 74×10^{-12} А. Темновой ток при температуре окружающей среды +18...+25°C – $0,6 \times 10^{-12}$ А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

А.Г. Столетов был одним из блестящих российских ученых. Он внёс огромный вклад в развитие физики, и этот вклад состоит из нескольких элементов: результатов его экспериментальных и теоретических исследований, его книг, монографий, статей, лекций, речей, выступлений, его труда по воспитанию молодых учёных, работы на общественном поприще, чувства гражданственности, честности, принципиальности. Окидывая ретроспективным взглядом всю деятельность Столетова и пытаясь установить её связь с современностью, мы с удовлетворением находим её зримые черты в физике наших дней. Кратко подведём итоги научной деятельности профессора Александра Григорьевича Столетова.

Он первым установил закономерность, проявляющуюся в том, что при увеличении намагничивающего поля магнитная восприимчивость железа сначала растёт, а затем, после достижения максимума, уменьшается, и снял кривую магнитной проницаемости ферромагнетика (кривая Столетова).

Кроме того, Столетов экспериментально измерил величину отношения электромагнитных и электростатических единиц, близкую к скорости света; установил три закона фотоэффекта; провёл цикл работ по изучению внешнего фотоэффекта, открытого в 1887 году Г. Герцем; создал первый фотоэлемент, основанный на внешнем фотоэффекте; открыл прямо пропор-

циональную зависимость силы фототока от интенсивности падающего на фотокатод света (закон Столетова).

Научные заслуги А.Г. Столетова были высоко оценены как в России, так и за рубежом. В 1877 году он был награждён орденом Святой Анны 2-й степени, в 1885-м – орденом Святого Владимира 3-й степени; в 1889-м – орденом Святого Станислава 1-й степени. В 1882 году был награждён французским орденом Почётного легиона. В 1884 году награждён медалью за деятельность на пользу общества и Политехнического музея Москвы Обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии.

Александр Григорьевич Столетов прожил сравнительно короткую жизнь, которую он целиком отдал служению науке и народу. Среди всех деятелей науки России мы с особой признательностью вспоминаем этого замечательного учёного и гражданина, чья яркая научная деятельность всегда будет служить примером для будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Столетов Александр Григорьевич // Большая советская энциклопедия: в 30 т. – М.: Советская энциклопедия, 1969.
2. Соколов А.П. Александр Григорьевич Столетов. Биографический очерк. ЖРФХО, ч. физ., 1897, т. 29, № 2. С. 25–74.
3. Тимирязев К. А. Сочинения, т. V. – М.: Сельхозгиз, 1938. С. 254–278.
4. Столетов А.Г. Собрание сочинений, т. I. – М.-Л.: Гостехтеоретиздат, 1939. С. 177.
5. Герц Г. О действии ультрафиолетового света на разряд электричества. «50 лет волн Герца». – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 136.
6. Столетов А.Г. Актино-электрические исследования. – СПб.: Тип. В. Демакова, 1889. 48 с.: <http://e-heritage.ru/ras/view/publication/general.html?id=42070560>
7. А.Г. Столетов. Летопись Московского университета: <http://letopis.msu.ru/peoples/1033>



НОВОСТИ МИРА

МИКРОН ПРИГЛАШАЕТ ОЗНАКОМИТЬСЯ С ХАЙ-ТЕК ПРОДУКТАМИ РЕЗИДЕНТОВ ОЭЗ «ТЕХНОПОЛИС «МОСКВА»

Микрон представляет отрасль микро- и нанoeлектроники в постоянной экспозиции высокотехнологичных продуктов компаний-резидентов особой экономической зоны (ОЭЗ) «Технополис «Москва». Среди представленных ро-

дуктов завода – ID-продукты и RFID-решения под потребности цифровой экономики.

Микрон имеет статус резидента особой экономической зоны «Технополис «Москва» с 2015 года. ОЭЗ создана для развития инновационной экосистемы города, объединяет 6 высокотехнологичных отраслей и более 130 компаний, занятых в сферах микроэлектрони-

ки, приборостроения, информационных и телекоммуникационных технологий, производства медицинского оборудования, биотехнологий, фармацевтики и нанотехнологий.

Ознакомиться с выставкой можно в административно-деловом центре ОЭЗ «Технополис «Москва» на площадке «Алабашево».

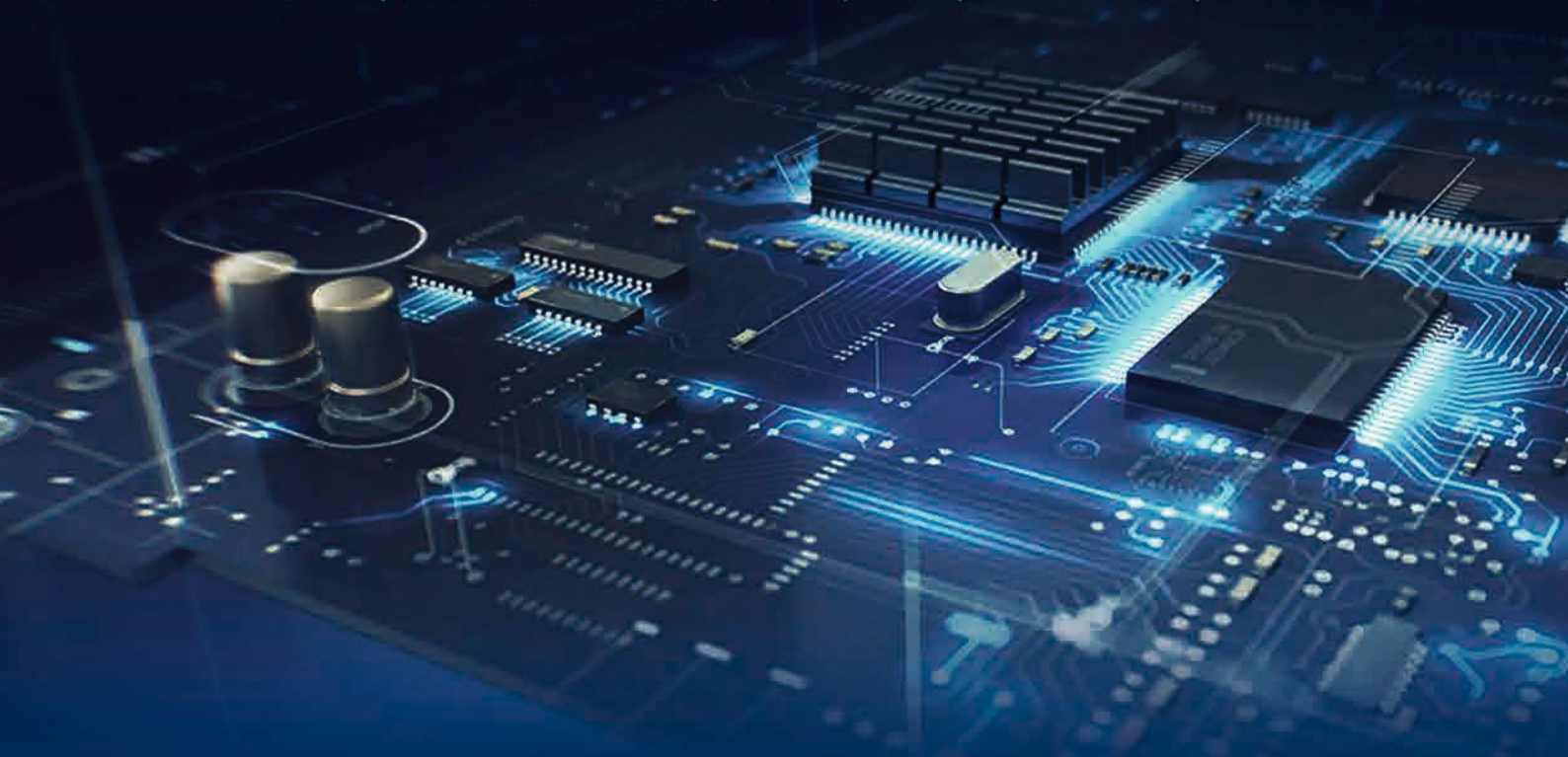
Пресс-служба ПАО «Микрон»

📅 16 октября / Москва

📍 Отель Novotel Москва Сити, Пресненская наб., 2

ДЕНЬ РАДИО ЭРЕМЕКС

Семинар, посвящённый вопросам проектирования электроники



Что вас ждет

- Анонс новой версии САПР Delta Design
- Доклады экспертов и технологических партнёров ЭРЕМЕКС
- Доклады заказчиков об опыте внедрения САПР Delta Design
- Демонстрационная зона, в которой будут подготовлены терминалы для «живой» демонстрации Delta Design и всех ее модулей
- Вкусные кофе-брейки

Викторина и розыгрыш умной колонки Яндекс.Станция

В рамках конференции Белые Ночи САПР, прошедшей 28–30 мая, разработчик компании Яндекс. Технологии рассказал об опыте применения САПР Delta Design Toror для создания проектов печатных плат для умного помощника с Алисой внутри — Яндекс.Станции.

Компания ЭРЕМЕКС разыграет среди участников семинара этого умного помощника.

