

Ф.М. Сабирова

**РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ
ФОРМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ
(ОТ АНТИЧНОСТИ
ДО СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА)**

Казань – 2010

Ф.М. Сабирова

**РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ
ФОРМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ
(ОТ АНТИЧНОСТИ ДО СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА)**

**Казань
2010**

УДК 53(091); 53(092)

ББК 22.3Г

С 12

Печатается по решению учебно-методического совета
физико-математического факультета Елабужского государственного
педагогического университета.

Рецензенты:

Д.Г. Ахметов, доктор педагогических наук,

В.Ю. Шурыгин, кандидат физико-математических наук.

Сабилова Ф.М.

С 12 Развитие организационных форм физической науки (от античности до середины XX века). – Казань: Изд-во МОиН РТ. – 192 с.

ISBN 978-5-4233-0010-4

В работе раскрыта эволюция организационных форм физической науки: от античных ликея, Академии, мусейона, средневековых университетов до научных школ конца XIX – середины XX вв. Раскрыта роль каждой из форм и ее представителей в разные исторические периоды. Особое внимание автором уделено научным школам, которые оказали существенное влияние на развитие физики как в России, так и за рубежом.

Монография адресована студентам, преподавателям физики и всем, кто интересуется вопросами истории физики.

Охраняется действующим законодательством об авторских и смежных правах (Гражданский кодекс РФ, ч. 4, гл. 70). Воспроизведение всей книги или ее части на любых видах носителей запрещается без письменного разрешения издательства.

ISBN 978-5-4233-0010-4

© Сабилова Ф.М., 2010

© Оформление изд-ва МОиН РТ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Общественная жизнь как живой организм. Все в ней находится в движении. Из дня в день, из года в год, в течение веков постепенно человечеством приобретает опыт, накапливаются, все более расширяясь и углубляясь, знания о мире, обогащаются духовные ценности. В этом всеобъемлющем процессе человек должен приобрести все эти накопленные богатства, обогатить их и передать следующим поколениям. Для достижения этих целей он должен войти во взаимодействие с единомышленниками (или противниками), общаться с ними, обмениваться мнениями, делиться тем, что представляется важным, совместно трудиться, приложив при этом максимум усилий, как физических, так и умственных. Без этого нет наступательного движения, нет духовного роста, нет условий для познания и подчинения сил природы во имя прогресса общества.

Сказанное в первую очередь относится к ученым, в том числе тем, кто занимается физическими исследованиями. Зарождение, становление и развитие физики, достижение осязаемых результатов в решающей степени связано с тем, что еще в древности образовывались неформальные научные сообщества, благодаря которым обеспечивалась преемственность в передаче научных знаний. К ним относятся Пифагорейский союз, Ликей Аристотеля, Александрийский музей и др. По мере накопления знаний и появления новых, развития общественных отношений существенную роль в этом процессе начинают играть университеты, появляются национальные академии. Происходит расширение рамок научной деятельности в национальных и международных масштабах, что приводит к прогрессивному разделению труда в научной деятельности, которые также требуют новых форм непосредственной коммуникации и кооперации. Прогресс естественных наук в XVIII–XIX вв. и связанный с ним экспериментальный метод делают лабораторию решающим местом осуществления научной деятельности, в результате создавались новые формы непосредственной коммуникации между исследователями. Лаборатории, кафедры, институты создавали все предпосылки, соответствующие достигнутому обществом условиям и степени развитости науки. Наивысшей формой неформальных научных объединений стали научные школы, которые, появившись в физике в конце XIX в., выросли далеко за рамки локальных сообществ, требуют значительной степени коллективности организованности научной, творческой деятельности.

В данном исследовании делается попытка проследить эволюцию организационных форм физических исследований от эпохи античности до середины XX в., проанализировать их содержание, структуру и особенности функционирования с точки зрения влияния на развитие физической науки на различных исторических этапах. Особое внимание уделено выявлению предпосылок и результатов тех или иных форм коллективной деятельности ученых разных стран, способствующих становлению и развитию физики как интегрирующей науки, систематически совершенствующейся благодаря установлению многогранных связей между сообществами разных стран. В работе произведено ограничение временных рамок исследования от античности до середины XX в., поскольку именно на середину прошлого столетия приходится научно-техническая революция. Дальнейшее развитие физической науки потребовало больших финансовых вложений, возросла роль государственных и межгосударственных органов по их координации и контролю, произошло разделение научного труда в международном масштабе. Это привело к возникновению международных научных центров, и динамика их становления и развития требует дополнительного исследования.

Как видим, данная работа не является собственно историческим источником, а представляет лишь одну ветвь исторического процесса, а именно исследует систему коллективных поисков ученых, способствующих в конечном счете формированию физической науки, возникшей на языке ученых разных стран и потому имеющей мировую, планетарную значимость.

При ознакомлении с изложенными здесь материалами читателю предоставляется возможность, во-первых, обогатить свой духовный мир, во-вторых, переосмыслить и укрепить свои патриотические и интернациональные чувства, в-третьих, убедиться в том, что от представителя науки требуется планомерная, целенаправленная организация в соответствующих целях и задачах эффективных форм. Организация же эффективных курсов, кружков в школах по поднятой в данной работе проблеме, подготовка рефератов и чтение спецкурсов по ней в высших учебных заведениях ставила бы перед молодежью проблему поиска общечеловеческих оснований для взаимопонимания. Кроме того, важным условием процесса формирования человеческой личности является интернационализация общественной жизни, протекающая в форме всемерного усиления общения и обмена материальными и духовными ценностями.

Глава 1. ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОТ АНТИЧНОСТИ ДО КОНЦА XIX В.

1.1. Научные центры древности как форма объединения ученых

Стремление к общению, обмену опытом, совместной научной деятельности всегда было характерно для ученых. Зарождение физики и первые ее успехи в определяющей степени связаны с тем, что в античном мире были созданы первые научные и образовательные центры: аристотелевский Ликей и Александрийский музей¹. Оба эти заведения организовывались и существовали при всесторонней поддержке тогдашних государственных руководителей: Александра Македонского и правителей династии Птолемеев. Такая поддержка подразумевала полное государственное обеспечение и создавала необходимые условия для развития творчества.

По мере усложнения задач, проблем, стоящих перед ними, а также в связи с необходимостью передачи накопленной информации будущим поколениям ученые создавали научные школы, объединялись в кружки, общества, академии. Начало этому процессу было заложено еще в античную эпоху².

Античная цивилизация характеризовалась довольно высоким уровнем духовной культуры, основой которой было высокое развитие образования и науки. Это развитие опиралось, в свою очередь, «не только на индивидуальные свершения ученых, но и на достаточно разработанные организационные формы, на своего рода учебно-научные центры, контуры и судьба которых, при всем историческом своеобразии, напоминают явления нового времени»³. Особого внимания заслуживает, в частности, развитие в античном мире специальных философских школ, освященных именем муз и потому называвшихся музейонами, этих прообразов университетов нового времени.

В городе Кротоне, греческой колонии на юге Италии, сложилась, по-видимому, первая из известных в истории человечества научно-фи-

¹ Фролов Э.Д. Античный Музейон в его развитии от частно-правового института к государственному учреждению // Э.Д. Фролов. Парадоксы истории – парадоксы античности. – СПб., 2004. – С. 314–334.

² Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / Под ред. С.Р. Микулинского. – М.: Наука, 1982.

³ Фролов Э.Д. Греция в эпоху поздней классики (Общество. Личность. Власть). – СПб.: Гуманитарная академия, 2001. – С. 566

лософско-религиозно-политических школ – *Пифагорейский союз*, – основателем которой был Пифагор. Пифагорейский союз просуществовал с конца VI в. до середины IV в. до н. э. и оказал громадное влияние на развитие древнегреческой культуры, науки, философии. При этом он активно вмешивался и в политическую жизнь италийских полисов. Школа Пифагора положила начало идеалистическому направлению в античной науке, которое было воспринято Парменидом, Зеноном и развито Платоном. Пифагорейцы были первыми в Древней Греции, кто научился распознавать на небесном своде планеты, отличать их от звезд. Пифагорейцы заложили основы такого представления о мире и его познании, в соответствии с которым математические знания (о числах и их отношениях) являются важнейшим условием, ключом к познанию сущности и свойств природы. Основой Вселенной пифагорейцы считали число: все в мире может быть определено числами, сведено к правильным геометрическим фигурам – многогранникам. Они также считали, что мир состоит из пяти элементов (стихий): земли, воздуха, огня, воды и эфира. Им принадлежит мнение о шарообразности Земли. Начиная с Пифагора в истории культуры развивается установка на широкое развитие математических исследований. Живя сообществом, приверженцы Пифагора занимались изучением философии и наук; у них было общее имущество. Научные открытия также делались общим достоянием. Труды, обычно приписываемые Пифагору, относятся, таким образом, не только к легендарному Пифагору, но и вообще к приверженцам этой школы. Однако известно, что пифагорейцем был *Аристарх Самосский* (310–230 гг. до н. э.), выдвинувший гипотезу о вращении шарообразной Земли вокруг Солнца. Учение Аристарха Самосского о том, что Земля имеет два движения: поступательное – по кругу, в центре которого находится Солнце, и вращательное – вокруг своей оси; что кроме сферической Земли еще семь сфер – Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна, Луны и звезд, – которые движутся вокруг Солнца, настолько поразило современников, что он был осмеян, обвинен духовными властями в безбожии и изгнан из Афин, а его гипотеза, к сожалению, была оставлена без внимания. Связано это было с тем, что, во-первых, схема противоречила наблюдаемым явлениям; во-вторых, философские и религиозные предпочтения были явно на стороне концепции «Земля – центр мира».

В IV в. до н. э. в Афинах Платон создал свою научную школу – *Академию*, которая была размещена на участке, специально купленном для этой цели Платоном, в роще, носившей имя античного героя Академа.

Это была первая в истории человечества подлинно научная школа, в которой Платон 40 лет излагал свою теорию. Заботился он и о создании столь нужной для ученых занятий библиотеки. Известно, что Платон собирал книги и тратил подчас большие деньги на приобретение особенно интересовавших его сочинений. Слушатели являлись к Платону из самых разных уголков греческого мира – из самих Афин, из других городов Балканской Греции, с далеких окраин. Это говорит о *космополитическом* составе слушателей Академии¹. Слушателями Академии были Аристотель, Евклид и др. Платоновская Академия являлась ученым, философским содружеством, где как ученые занятия, так и прочие совместные действия членов Академии определялись правилами. Эти правила впоследствии приобрели вид правильного устава – «законов», послуживших затем образцом для устава, составленного Аристотелем для своей школы². Не будучи сам математиком, Платон уделял математике важное место в своей образовательно-воспитательной системе и энергично поощрял ее изучение. По преданию, над входом в Академию была надпись: «Пусть не входит никто, не знающий математики».

Аристотель (384–322 гг. до н. э.) учился в Академии Платона, пробыв там 20 лет. В 335 г. до н. э. основал в Афинах свою философскую школу – *Ликей* (названную по имени священного сада Аполлона, где была расположена школа). Основанная Аристотелем школа, подобно платоновской Академии, получила свое наименование «Ликей» от той местности, где она располагалась. И точно так же, как в первом случае, само это слово пережило античность и в новое время стало использоваться (через латинскую форму *Lycium*) для обозначения учебных заведений особого, повышенного типа (классических гимназий во Франции, привилегированных колледжей в старой России и пр.). Но у школы Аристотеля было и другое наименование – «Перипатос», а применительно к состоявшим в ней – «перипатетики», поскольку, особенно на первых порах, пока слушателей было немного, ее основатель имел обыкновение проводить свои занятия, прогуливаясь в крытой галерее, примыкавшей к святилищу Аполлона Ликейского и специально приспособленной для такого времяпровождения. Перипатетики проявляли особенную приверженность к книгам, и уже у Аристотеля было большое книжное собрание. Аристотель собрал и систематизировал огромный естественно-

¹ Указ. соч., с. 572.

² Альтернативные социальные сообщества в античном мире: Сб. статей / Под ред. Э.Д. Фролова. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2002. – С. 135.

научный материал предшественников и сам осуществил ряд глубоких наблюдений. Его представления о природе, о движении изложены в физических трактатах «Физика», «О происхождении и уничтожении», «О небе», «Механика», написанных в форме диалогов, но не сохранившихся до наших дней. Об их существовании и содержании мы знаем из пересказов современников и учеников мыслителя. В целом Аристотель изучал почти все проблемы развития природы и общества и ввел систему научной терминологии, существующую и поныне; установил, что любой вещи свойственны количество, качество, отношение, время и образ действия; сформулировал правила сложения перемещений (для частного случая перпендикулярности перемещений), правил равновесия рычага, описание действия блоков и весов. Аристотель признавал объективное существование материального мира и его познаваемость (являясь учеником Платона, он порвал с его идеалистическими взглядами на мир как отображение идей, постигаемых душой, и на познание, которое должно отвернуться от реального мира). Наиболее значимые ученики Аристотеля – Теофраст (Феофраст) из Эреса, Эвдем из Родоса, Аристоксен из Тарента, Дикеарх из Мессины. Все они были самостоятельными учеными, сохранившими общий дух основоположника школы, а в отдельных вопросах не останавливавшимися перед существенными отклонениями от взглядов своего учителя¹. Своей школой Аристотель руководил 13 лет (335–322 гг.). Он оставил ее только по необходимости, передав Ликей своему ученику, естествоиспытателю *Теофрасту* (372–287 до н. э.), в связи с вынужденным своим отъездом из Афин в Халкиду: в 322 г., после смерти царя Александра, своего официального покровителя и недруга афинян, ввиду угрозы судебного преследования (по стандартному обвинению в религиозном нечестии) философ должен был покинуть Афины. Сама школа продолжала свое существование долгие годы. Среди более поздних перипатетиков – ученик Теофраста физик Стратон (340–268 гг. до н. э.), географ и астроном, ученик Стратона Аристарх Самосский, Клавдий Птолемей (ок. 150 г. н. э.), врач Гален, комментатор Аристотеля Андроник Родосский (ок. 70 г. до н. э.).

Интересно, что в те годы соперником Платона выступил крупнейший античный математик и астроном *Евдокс Книдский* (около 408–355 гг. до н. э.), основавший свою *школу в Кизике*, которая соперничала с платоновской Академией. Евдокс провозгласил свою теорию строения Все-

¹ Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / Под ред. С.Р. Микулинского. – М.: Наука, 1982. – С. 244.

ленной (вращающихся концентрических сфер), которая сыграла важную роль в развитии взглядов по этому вопросу. В ней он описал наблюдаемые движения светил в виде суммы равномерных круговых вращений 27 сфер. (Младший современник Евдокса, ученик Аристотеля Каллипп, ввел еще шесть сфер, чтобы модель Евдокса лучше соответствовала наблюдаемому движению планет. Наконец Аристотель, желая связать сферы всех светил в единую систему, довел их количество до 55.)

Замечательную параллель платоновской и аристотелевской школам представляет еще одна ученая обитель, которая также располагалась в одной из афинских рош и за которой закрепилось название по такому ее местоположению – *Сад Эпикура*. В учении и школе Эпикура нет идеальной возвышенности Платона или глубокой научности Аристотеля, но зато они больше ориентированы на жизнь простого, хотя и достаточно образованного человека. Ядром философии Эпикура была его этика – учение о поведении, приводящем к счастью. Другая составная часть философии Эпикура – его физика, или учение о природе вещей, однако она не имеет самодовлеющего значения и призвана объяснить людям смысл природных явлений, в том числе и небесных, атмосферных, для того чтобы избавить их от страха перед непонятными внешними условиями жизни. В этом объяснении Эпикур держится естественно-научной, материалистической точки зрения, развивая вслед за Демокритом учение о материальности мира, о том, что помимо вещей нет никаких особых, идеальных сущностей, а самые вещи являются сочетаниями мельчайших неделимых частиц-атомов. По его представлениям, возможна случайность движения атомов, отклонение их траектории от прямой линии. Находясь в непрерывном движении, атомы образуют все сущее. Так, по Эпикуру, возникла и Земля, затем от нее отделилось небо, Земля породила жизнь. Эпикур не находил места божественному началу земной жизни, считая, что боги находятся очень далеко и не участвуют в жизни людей. Он считал, что все природные явления имеют естественное происхождение, понимание которого и избавляет человека от всех страхов. Это вспомогательное назначение физики особенно четко выражено в так называемых «Главных мыслях» Эпикура (собрании афористических высказываний, сохраненном Диогеном Лаэртским): «Если бы нас не смущали подозрения, не имеют ли к нам какого отношения небесные явления или смерть, и если бы не смущало неведение пределов страданий и желаний, то нам незачем было бы даже изучать природу. Нельзя рассеивать страх о самом главном, не постигнув природы Вселенной и подозревая, будто в баснях что-то все-таки есть. Поэтому чистого наслаждения нельзя

получить без изучения природы»¹. Представляет особую ценность в философской системе Эпикура нравственное начало, утверждающее, что целью жизни должно быть отсутствие страданий. А чтобы их не было, во-первых, жизнь должна быть основана на разуме и справедливости, во-вторых, должен быть уничтожен страх смерти.

Против учения Эпикура вела борьбу *школа стоиков* (конец IV–III вв. до н. э.), основанная Зеноном из Китиона (ок. 366–264 гг. до н. э.). Так же, как и эпикурейцы, стоики главной задачей философии считали создание этики, опирающейся на физику и на учение о познании, которое они называли логикой. Физика стоиков возникла как синтез физики Аристотеля, в частности учения о форме и материи, с некоторыми элементами учения Гераклита. Положению Эпикура о бесконечном множестве атомов и пустоте стоики противопоставляли учение о единстве мира, эпикурейскому учению о множестве миров – тезис о существовании одного-единственного мира. Вся физика и этика эпикурейцев направлена на то, чтобы вырвать человека из оков необходимости. Для стоиков же необходимость (рок) непреложна.

Позднее, когда культурным центром античного мира стала Александрия, возникло знаменитое научное учреждение древнего мира – *Александрийский музей (Мусейон)*, созданный по распоряжению царя Египта Птолемея I. Мусейон стал первым государственным исследовательским институтом, где сосредоточились уникальные памятники древней науки и культуры. Как научная школа Александрийский музей стал преемником Ликейя Аристотеля. Последний руководитель Ликейя и инициатор создания Мусейона Стратон преподавал одновременно и в Афинах и в Александрии. Однако вскоре Александрийский музей встал на самостоятельный путь развития, в котором особенно интенсивно изучались астрономия, оптика, механика и математика. Мусейон представлял собой сообщество ученых, посвятивших себя научным исследованиям и получавшим от царя плату за свои занятия. Труд ученого становится профессией. Богатые собрания библиотеки Мусейона – они насчитывали 700 тысяч томов, – обсерватории, ботанический и зоологические сады, комнаты для уединенной работы, коллекции были предоставлены в распоряжение ученых и учащихся. Большинство ученых занималось преподаванием или каким-либо ремеслом – медициной, землемерием, архитектурой, инженерным делом. Поскольку Александрия была новым городом без установившихся традиций, она была открыта

¹ Альтернативные социальные сообщества в античном мире. Сб статей / Под ред. Э.Д. Фролова – СПб. Изд-во С-Пб ун-та, 2002 – С 151–152.

всевозможным влияниям: Мусейон привлекал ученых всего мира. Почти каждый ученый эллинистической эпохи был связан с Александрией если не личным контактом, то научной перепиской. В Александрии жили и работали крупные ученые: геометр Евклид, географ и математик Эратосфен, астрономы Конон, Аристарх Самосский и позже Клавдий Птолемей. С Александрией были связаны математики Аполлоний Пергский и Евклид, астроном Гиппарх и Архимед. В Александрии грек Эратосфен (ок. 202 г. до н. э.) открыл способ измерения окружности Земли по длине тени в период летнего солнцестояния; Гиппарх Александрийский (190–125 гг. до н. э.) установил точную длину солнечного года и вычислил расстояние от Земли до Луны и Солнца. Евклид (IV–нач. III вв. до н. э.) в течение тридцати лет по приглашению царя Птолемея I работал в Мусейоне и был крупнейшим математиком своего времени. Он был также основоположником геометрической оптики. Огромную ценность представляет сочинение Евклида «Начала», в котором отражены достижения всей математики того времени и которые изучаются до сих пор как «геометрия Евклида». Впоследствии геометрия стала экспериментальной наукой в физике. В Александрии учился *Архимед* (287–212 гг. до н. э.), который, работая в библиотеке Мусейона, познакомился с трудами Демокрита, Евдокса, Евклида. Он прославился среди современников и в истории человечества как механик-изобретатель и математик, а также как оптик, гидравлик, военный инженер (возглавил оборону родного города Сиракузы на острове Сицилия римлянами в 212 году до н. э. в ходе Второй Пунической войны).

В эпоху Римской империи основными центрами научной деятельности оставались города эллинистического Востока: Александрия, Пергам, Родос, Афины и, конечно, Рим и Карфаген.

Объединяясь в различные сообщества, еще с древности ученые стремились не ограничиваться территорией проживания, были пытливыми исследователями-путешественниками. Они путешествовали в поисках знаний, результатов, полученных другими, средств существования и научных исследований (Фалес, Аристотель, Демокрит и др.). Во время путешествий ученые встречались с известными мыслителями, греческими жрецами, египетскими государственными деятелями, вавилонскими магами, персидскими мудрецами. Они общались с местными знаменитостями, занимались по возможности в библиотеках, музеях, обсерваториях, изучали труды как современников, так и древних мыслителей. Все полученные знания мыслители стремились обобщить, углубить

и передать своим ученикам, которых они привлекали в создаваемые ими школы.

Стремление ученых объединяться для совместных открытий, для обсуждения волнующих их умы вопросов, для проведения споров, дискуссий, направленных на открытие истины или хотя бы приближение к ней, наблюдалось и на дальнейших этапах общественного развития. Подтверждение данного положения мы находим и в истории науки средневекового Востока. В арабском мире, как и в эллинистическую эпоху, основные естественно-научные исследования сосредотачивались в придворных школах. IX–XII вв. – расцвет науки в арабоязычных странах. Багдад, ставший столицей халифата, превратился в крупный научный центр. Каждая более или менее значительная мечеть Багдада имела библиотеку, фондами которой пользовались все желающие, особенно шакирды (учащиеся), их наставники, ученые. «Там могли существовать мудрецы, ораторы, поэты всех видов»¹. Здесь трудилась большая группа ученых, переводчиков и переписчиков, переводя и комментируя произведения Платона, Аристотеля, Евклида, Архимеда, Птолемея. Работа не сводилась к простому копированию чужих исследований. Арабские ученые продолжали эти исследования и выполняли новые, строили обсерватории, конструировали приборы, вели самостоятельные наблюдения. В новых столицах – Дамаске и Багдаде – были основаны школы по образцу александрийской. С 786 по 809 г. Арабским халифатом правил Гарун аль-Рашид, который покровительствовал развитию естественных наук и математики. При нем в Багдаде была открыта большая библиотека. Сын Гаруна аль-Рашида, халиф аль-Мамун, объединил ученых в своего рода академию, названную Домом мудрости (или «академией Мамуна»), выделявшей ряд известных ученых: Абу-Райхан аль-Бируни, Абу-Сакль аль-Масихи, Абу-ль-Хайр аль-Хаммар, Абу-Наср аль-Аррак, Ибн-Сина и др. При Доме мудрости функционировала хорошо оборудованная обсерватория, имелся штат переводчиков, постоянных ученых (ядро). Превосходным организатором академии, опытным переводчиком, давшим импульс развитию синтетической литературы и науки на татарском языке, был Хунайн Ибн-Исхак (819–877) и его сын Исхак Ибн-Хунайн (ум. в 910 г.). По сведениям, содержащимся в «Четырех беседах Низами Арузи», ученые в академии находились при дворе хорезмшаха, имели полную обеспеченность в мирских благах, жили дружно, наслаждались

¹ Аль-Фараби. Социально-этические трактаты. – Алма-Ата: Казахиздат, 1973. – С. 158.

научными дискуссиями и перепиской¹. Интересно, что в мирный договор с византийским императором по требованию аль-Мамуна был внесен пункт о передаче ему многочисленных греческих рукописей. Среди них в руки арабов попало и было переведено на арабский язык «Великое математическое построение» Птолемея. Именно в арабских переводах пришли на кафедры средневековой Европы «Механика» Герона, «Пневматика» Филона, труды Аристотеля, Птолемея, Архимеда.

Таким образом, не только индивидуальные открытия и личные встречи ученых, но и их объединения (научные союзы и школы и др.) еще в древности явились плодотворной базой для дальнейшего развития науки в мировом масштабе и превращения ее в общенародное достояние.

1.2. Роль университетов в развитии средневековой физики

В Средние века ученые занимались самыми различными вопросами. Каждый из них был математиком, механиком, физиком, философом, литератором. Многие также были медиками, астрономами, конструкторами приборов. По характеру своих интересов они были энциклопедистами. Большую роль в их становлении поначалу играли университеты.

Первые университеты начали появляться в VIII в. Арабские университеты возникли значительно раньше, чем в Европе. В 735 г. основан университет в столице Арабского халифата Багдаде, в 755 г. – в Кордове (после завоевания Испании арабами), в 972 г. – в Каире. Известно пребывание крупного ученого *Аль-Фараби* в период работы над своими очередными работами в 942 г. в Багдаде, Дамаске, в 948 г. – в Египте, Каире. Выступая в аудиториях университетов, он поражал слушателей мастерством концентрировать мысли на принципиальных вопросах, эрудицией, синтетизмом и систематичностью изложения, умением ставить ясные и высокие цели². *Ибн-Рушд* (1126–1198) – кордовский мыслитель, и его основное место пребывания было в университете. Уроженец села близ Бухары аш-Шейх ар-Раис (род. в 980 г.) вспоминает об увлекательных занятиях с талибами³ Ибн-Сины, Абу-Абдаллаха ан-Натали, ученых, известных не только на Востоке, но и далеко за его пределами. Как видим, преподавали мудрецы, достаточно глубоко разбираю-

¹ Сагадеев А.В. Ибн-Сина (Авиценна). – М.: Мысль, 1985. – С. 14; Касымжанов А.Х. Абу-Наср аль-Фараби. – М.: Мысль, 1982. – С. 25.

² Касымжанов А.Х. Абу-Наср аль-Фараби. – М.: Мысль, 1982. – С. 107, 154.

³ Талиб – студент.

щиеся в поэзии, астрономии, оптике, механике¹. Сама исламская традиция молиться, обращаясь в сторону Мекки, предполагала наличие развитых навыков хорошей ориентации в астрономических объектах. Кроме того, от каждого обучаемого требовались хорошая память и развитые навыки мышления для осознанного запоминания, верного толкования сур и аятов священного Корана, игравшего роль свода морально-законодательных кодексов в повседневной жизни правоверных. Около 700 аятов содержится в Коране, они призывают знать науки, стремиться усвоить как можно больше сведений о жизни, о мире, природе, звездах и т. д. Так что тяга к знаниям, любовь к книге, доверие к печатному слову были заложены в самую суть бытия народов мусульманского мира.

Однако уже в XI в. в арабском мире начался упадок физики, но контакты с арабами и расцвет экономической деятельности к тому времени привели к интеллектуальному пробуждению во многих европейских странах. Это привело к появлению в Европе университетов – учреждений, служащих для распространения и расширения знаний. С появлением университетов в средневековой Европе научная деятельность начинает концентрироваться там, а также продолжаются исследования ученых при дворах феодальных правителей. Понятия «ученый» и «профессор университета», как правило, совпадали. При этом основной обязанностью профессора университета было обучение, а научная деятельность проводилась исключительно по личной инициативе при практической свободе творчества.

Такая атмосфера царила в первых университетах, основанных в Европе: Болонье и Парме (XI в.), в Оксфорде (1167), Салерно (1173), Монпелье (1180), в Париже (1200), Кембридже (1209), Саламанке (1812), Арешо (1215), Падуе (1222), Неаполе (1224), Тулузе (1229), Лиссабоне (1229) и др.

С открытием университетов наряду с традиционными двумя властями – церковной и светской – появилась третья – власть интеллектуалов, воздействие которых на социальную жизнь со временем становилось все ощутимее. В Средние века не существовало отделения высшего образования от среднего, университеты состояли из младших и старших факультетов. Старейшими факультетами были теологический,

¹ Ильин В.А. История физики: Учебн. пособие для высш. пед. учебн. заведений. – М.: Академия, 2003. – С. 29–34; Очерки Марджани о восточных народах / Вст. статья, комментарии, перевод с арабского, старотатарского языка и примечания А.Н. Юзесва. – Казань: Таткнигоиздат, 2003. – С. 147–159.

юридический, медицинский и факультет свободных искусств. Последний был младшим по отношению к трем старшим факультетам и до некоторой степени подготовительным. Впоследствии его преобразовали в философский факультет, где позже открылись филологические, исторические, физико-математические, естественно-научные отделения¹. В плане обучения богословские проблемы в университетах поначалу были представлены в меньшей степени, в большей степени – естественные науки. Университеты отличались наличием колледжей (от «коллегия»), где студенты учились и жили².

Большой популярностью пользовались Болонский, Оксфордский, Парижский, Кембриджский университеты, куда стекались учащиеся со всех концов Европы. Болонский университет по существу являлся юридическим учебным заведением, возникшим на основе Болонской юридической школы, и главными предметами преподавания были римское и каноническое право, поскольку торговля и ремесло нуждались в правовом образовании. Оксфордский университет возник после массы конфликтов с городскими и церковными властями. В Средние века здесь преподавали Р. Бэкон, Иоанн Дунс Скот, Дж. Уиклиф, в эпоху Возрождения – Эразм Роттердамский. После одной из стычек в 1209 г. студенты в знак протеста ушли в Кембридж, где впоследствии возник новый университет, созданный по образцу Парижского университета. Парижский университет стал первым в Европе светским университетом. Сюда стекались студенты и преподаватели всех сословий, и университетское общество с самого начала не знало кастовых различий. В 1257 г. в Латинском квартале Парижа был основан колледж, названный Сорбонной (по имени его основателя Робера де Сорбона) В XVII в. произошло фактическое слияние Сорбонны с Парижским университетом, и их названия стали отождествляться. В Средние века и вплоть до XVII в. Парижский университет был крупнейшим в Европе учебным заведением и научным центром в области теологии и юриспруденции.

Научные исследования в средневековой Европе находились в зачаточном состоянии. Что касается механики, то примерно между 1125 и 1280 гг. в Испании и Италии были переведены труды Аристотеля, Евклида и Птолемея, одностороннее изучение которых привело к развитию схоластики. Труды же Архимеда и Герона еще не были известны, так

¹ У истоков классической науки (Сборник статей) / Отв ред А.Н. Боголюбов. – М: Наука, 1968 – С. 6

² Аверьянова Г.Н. Ценности университетского образования: эволюционный подход. Монография. – М: МГУ, 2005 – С. 37

что все изучение механики было основано на трудах Аристотеля. Поэтому в университетах, число которых множилось, методологической основой научных исследований было схоластически-философское течение, главной целью которого являлась защита христианских догматов. В ее основе лежат истолкованные в христианском духе идеи античных мыслителей Платона и Аристотеля, изложенные абстрактно, в отрыве от реальной жизни, в полном пренебрежении к базирующемуся на опыте изучению природы, которое является фундаментом естественных наук, в том числе физики. Примечательно, что итальянские университеты (Падуи, Болоньи, Неаполя и др.) были основаны правителями государств и поэтому поначалу были менее зависимыми от духовенства, чем университеты других государств Европы.

Несмотря на большое количество университетов, в христианской Западной Европе научные исследования в области физики начались лишь к XIII в. В частности, рассматривались проблемы оптики. В Оксфорде преподавал схоластику английский философ и естествоиспытатель *Роберт Гроссетест* (ок. 1175–1253), выдвинувший учение о свете как тончайшей телесной самораспространяющейся субстанции и первичной форме и энергии. Он разработал геометрическую теорию происхождения радуги как эффекта преломления света в каплях воды и концепцию прямолинейного распространения света и звука на основе представления их как волн – отражение света рассматривалось по аналогии с эхом. В Оксфордском и Парижском университетах учился знаменитый монах, философ и естествоиспытатель *Роджер Бэкон* (1214–1294). Он был учеником Гроссетеста, вел в Оксфорде преподавательскую деятельность и проводил научные исследования. Отвергая догмы, основанные на преклонении перед авторитетами, и схоластическое умозрение, Роджер Бэкон призывал к опытному изучению природы, к разработке оптики, механики («практической геометрии»), астрономии. Целью всех наук он считал увеличение власти человека над природой.

Центром исследования механических проблем был Мертон-колледж Оксфордского университета. «*Мертонцы*»¹ (Т. Брадвардайн, У. Гейтсбери, Р. Свайсхед и Дж. Дамблтон) в 20–30-х гг. XIV в. занимаются решением таких проблем механики, как разделение между кинематикой и динамикой, уточнением понятия скорости, определения пройденного пути при равноускоренном движении. У. Гейтсбери ввел понятие

¹ Гайденко В.П., Смирнов Г.А. Западноевропейская наука в средние века: Общие принципы и учение о движении. – М.: Наука, 1989 – С. 288.

ускорения, а У. Коллингом сформулировал общий закон нечетных чисел, характеризующий равномерно-переменное движение.

Исследования оксфордских ученых стали известными в некоторых университетах Западной Европы и наибольший отклик нашли в Парижском университете, где к середине XIV в. их развивает выдающийся ученый, профессор и ректор Парижского университета *Жан Буридан* (1300–1358). Занимался он прежде всего логикой, физикой и космологией (комментировал Аристотеля), в рамках спекулятивных рассуждений занимался естествознанием. Замечательной идеей Буридана было понятие импульса (*impetus*) – предзнаменование позднейшего закона инерции. Буридан впервые в категорической форме ставит вопрос о несостоятельности аристотелевой механики, ее несоответствии опытным фактам. Именно в Парижском университете начинает развиваться новый индуктивный метод анализа научных проблем. Опираясь на полученные новые результаты, Буридан и его ученики *Никола Орем* (1323–1382) и *Альберт Саксонский* (1316–1390) исследуют важнейшую проблему Средневековья – проблему относительности перемещения¹. Формулировка принципа относительности механического движения подводит западных физиков XIV в. к постановке вопроса об адекватности гео-статической картины мира. Именно эти исследования создают физическую основу для возникновения в XV в. теории Коперника и подготавливают почву для переворота, осуществленного Галилеем. Альберт Саксонский, преподававший в Сорбонне с 1350 по 1361 г., предпринял попытку классифицировать движения, различая движения поступательное и вращательное, равномерное и переменное. Никола Орем, применив впервые в истории науки графическое представление движения, установил закон, используемый и сейчас для равномерно-переменного движения, который связывает пройденный путь со временем.

В связи с развитием городов, ремесел и торговли, Великими географическими открытиями возрастает интерес к научным исследованиям как в области естественных наук (физики, астрономии и т. д.), так и в области наук гуманитарных (экономических). Духовная и культурная жизнь постепенно становится все более светской. Немалую роль в этом движении в области культуры, науки и философии продолжали играть в XIV в. университеты, которые вновь образовались в различных европейских городах. Например, в Гренобле – 1339 г., Праге – 1348 г., Флоренции – 1349 г., Кракове – 1364 г., Вене – 1365 г., Гейдельберге – 1381 г., Кельне-на-Рейне – 1388 г., Будапеште – 1385 г., Эрфурте – 1378 г., в

¹ Указ. соч., с. 272.

Лейпциге, Марселе – 1409 г., Канне – 1432 г., Братиславе – 1467 г., Копенгагене – 1479 г. и т. д.

В начале XV века студенты в Европе посещали 65 университетов, а в конце столетия – уже 79¹. Наибольшей славой среди них пользовались: Парижский, Болонский, Кембриджский, Оксфордский, Пражский, Краковский. Многие из них существуют и по сей день, заслуженно гордясь своей богатой историей и бережно храня старинные традиции. Пражский университет (Карлов университет) был первым славянским университетом, основанным императором Карлом IV (именем которого назван). Ректором Пражского университета дважды (в 1402–1403 и 1409–1410 гг.) избирался Ян Гус, и в период гуситского революционного движения университет стал центром национально-освободительной и антикатолической борьбы. Краковский университет (Ягеллонский университет) был одним из первых государственных университетов в Центральной Европе и создан, как и многие другие, по образцу Парижского университета, имея следующие факультеты: теологический, юридический, медицинский и свободных наук. Расцвет учебной и научной жизни приходится на конец XV и начало XVI вв., когда наибольших успехов Краковский университет достиг в области математических и естественных наук. Среди студентов университета были не только поляки, но также чехи, немцы и венгры. В университете преподавали и учились видные польские ученые-гуманисты, писатели, поэты, в частности, Н. Коперник, математик В. Брудzewский, астроном Я. Снядецкий.

Позднее открылись университеты во Франкфурте-на-Одере (1506 г.), Кенигсберге (1544 г.). Позже, чем в других европейских странах, появились университеты в Нидерландах – в конце XVI – начале XVII вв. в результате Нидерландской буржуазной революции. Первым и наиболее значительным из них стал Лейденский университет, основанный в 1575 г. принцем Вильгельмом I Оранским в ознаменование героической обороны города от испанских войск. В дальнейшем уже трудно было найти наиболее значащий европейский город, который бы не имел университета.

Старейший университет на Руси, Киево-Могилянская коллегия, был основан только в 1639 г.² Второй, Санкт-Петербургский, был открыт в 1724 г. при Академии наук. Началом же университетской истории в Рос-

¹ Энциклопедия: Всемирная история. Т. I / Гл. ред. М. Аксёнова. – М.: Авант+, 1997. – С. 352.

² Модина Э.Б., Франкфурт У.И. Из истории научной мысли XVII века / В сб. У истоков классической науки. – М.: Наука. – С. 328–329.

сии считается Московский университет, организованный по замыслу М.В. Ломоносова.

В целом развитие мануфактуры, ряд изобретений и усовершенствований в технике, множество новых фактов, ожидавших теоретического осмысления, явились импульсом для развития науки. Развитие ремесла дало ученым новую аппаратуру, вооружив их новыми орудиями познания. Оторванные от жизни университеты тогда еще не способны были к консолидации научных сил. Более того, многие университеты были хранителями средневековых традиций и боролись с новшествами. Например, с начала XVI века Парижский университет становится оплотом схоластики против гуманизма и ведет неустанную борьбу с последним. Характеризуя Парижский университет, В. Герье писал: «Гуманизм был ненавистен университету, потому что он настаивал на классическом образовании, основывал воспитание на изучении лучших писателей греческой и латинской литературы; картезианство же – потому, что оно ставило на первый план математику и физику, отвергая весь схоластический хлам, поддерживаемый авторитетом великого Аристотеля»¹. С середины XVI в. обучение практически во всех университетах Европы приобрело церковно-схоластический характер. В 1530 г. в Париже в противовес кастовой рутине и религиозной схоластике, господствовавших в Парижском и других университетах Франции, королем Франциском I была учреждена группа королевских лекторов, названная Коллежем королевских лекторов. В XVII в. он был переименован в Королевский коллеж Франции, а во время Великой французской революции – в Коллеж де Франс.

Анализ истории университетов убеждает в том, что до XVII века они не способны были решать возникавшие задачи подъема общественного производства и материальной культуры. Университетская наука, увлеченная проблемами античности и занимавшаяся отвлеченными от практических потребностей вопросами, оказалась своего рода «закрытой системой», изолировавшей себя от реальных потребностей общества. Поэтому развитие естествознания в это время осуществлялось преимущественно вне университетской науки. Особенность этого периода характеризовалась следующим образом: «Неудовлетворенность технической интеллигенции состоянием университетской науки имела вполне реальные практические основания – она была продиктована жизненно необходимой потребностью. Несмотря на то, что производство было в основном «мануфактурным», в практику строительного дела, транс-

¹ Герье В. Лейбниц и его век. – СПб., 1868. – С. 162.

порта, военного дела и некоторых видов производства вошли новые устройства, машины и приспособления. Разработка технологических правил и новых конструкций опиралась, как и прежде, на пробные производственные эксперименты. Но теперь они касались уже не тех простейших машин, на которых строилась техника Средневековья, напротив, эти опыты относились к целым узлам новых механических и гидравлических устройств. Варьирование условий и анализ результатов пробного опыта стали гораздо более сложными, менее наглядными и труднее обозримыми. Производственникам, инженерам, конструкторам требовались руководящие научные указания, чтобы лучше и быстрее разобраться в результатах пробных технических экспериментов. Но дальнейшее усовершенствование техники и повышение качества изделий упиралось в главное противоречие эпохи – противоречие между сравнительно высоким уровнем достигнутых к этому времени технологических знаний и резким отставанием от них многих отраслей естествознания и особенно физики»¹.

Крупные ученые редко занимали университетские кафедры: чаще это были синекуры для различных духовных и светских лиц, которым покровительствовали сильные мира сего. Поэтому, за редким исключением, не было речи о работе для науки. В силу таких причин ученые вынуждены были объединяться в *кружки, общества, академии*, добиваясь значительных успехов благодаря совместным усилиям.

1.3. Роль академий в распространении физических знаний в XVI–XVIII вв.

1.3.1. Зарубежные академии и физическая наука XVI–XVIII вв.

Исторически период XVI–XVIII вв. охватывает позднее Возрождение, частично Новое время и является очень важным в становлении науки. Естественные науки в эпоху Возрождения создали новый метод мышления – свободный от догм и схоластики, благодаря чему возникли предпосылки для выдвигания науки на передовые позиции в духовной культуре. Величайшим достижением эпохи Возрождения стала гениальная идея Коперника о гелиоцентрической системе мира. В Новое время наука становится доминирующей формой постижения бытия, приобре-

¹ Дорфман Я.Г. Всемирная история физики: С древнейших времен до конца XVIII века. – Изд. 2-е, стереотипное. – М.: КомКнига, 2007. – 352 с.

тает черты, сохранившиеся и в наше время. В XVI–XVIII вв. происходит становление классического естествознания, в частности, наблюдается скачок в науках, изучающих механическую форму движения материи. Именно в этот период эксперимент начинает играть решающую роль в научных исследованиях. Потребность дальнейшего научного развития, стремление ученых объединяться для обсуждения насущных проблем вызвали к жизни новые формы организации ученых. Наиболее известные и деятельные из этих объединений, пользуясь поддержкой влиятельных лиц или даже самих монархов, принимают полуофициальную или официальную форму собраний – академий. Еще с древних времен в разных странах стихийно возникали и функционировали академии по образцу и подобию Академии Платона. Так что эта форма объединений набирала силу, в которой приобретался богатый опыт совместной научной деятельности. Особенно много их было в Италии.

В связи с возрождением науки и искусства в противоположность церковной и монастырской замкнутости и стесненности еще в XV в. стали возникать общества ученых и научно образованных людей, стремившихся к более свободному общению умов. Первым из таких обществ с гуманистической тенденцией следует считать основанную в 1433 г. в Неаполе Антонио Беккаделли из Палермо (1394–1471) академию, достигшую особенного процветания благодаря деятельности итальянского поэта и гуманиста Джованни Понтано и потому обыкновенно называемую Академией Понтаниана (*Accademia Pontaniana*). В 1459 г. во Флоренции Козимо Медичи была основана Платоновская академия (*Accademia Platonica*), которая занималась преимущественно философией Платона, изучением Данте и служила образцом для многих других обществ подобного рода, образовавшихся в течение XVI в. во всех более значительных городах Италии. В 1542 г. в Риме архитектором Палладио была основана Витрувианская академия (*Accademia Vitruviana*), занимавшаяся изучением трудов Витрувия.

В 1560 г. Джован Батист Порты (1543–1615) организовал в Неаполе первую физическую академию – *Академию тайн природы* (*Academia secretorum naturae*). Порты верил, как средневековые ученые, в действие «тайных сил», но в отличие от них полагал, что эти «тайные силы скрыты в вещах» и их можно обнаружить путем опыта. По всей вероятности, созданная им академия не была настоящей академией с соответствующими органами и статутом, а скорее представляла собой периодические собрания в доме Порты любителей различных отраслей знания: науки, магии, астрологии.

Совсем другой характер имела *Академия деи Линчеи* (*Accademia dei Lincei*, буквально – Академия «рысьеглазых»), основанная в 1603 г. Федерико Чези (1585–1630). В 1609 г. Ф. Чези преобразовал академию, пригласив войти в ее состав новых членов – итальянцев и иностранцев, и в первую очередь Галилея, который дал согласие на вступление в нее 25 апреля 1611 г. Целью этой академии было изучение и распространение научных знаний в области физики. Ее гербом служила рысь, которой приписывался столь острый взгляд, что он проникает сквозь предметы¹.

В 1657 г. герцог Тосканский Леопольде Медичи основал во Флоренции *Академию опытов* (*Accademia del Simento*), с которой связано утверждение экспериментального направления в естествознании. Подобно Академии деи Линчеи, она организовывалась для пропаганды науки и должна была расширять физические знания путем коллективной экспериментальной деятельности своих членов по методу Галилея. Она имела в своем составе действительных членов, а также итальянских и иностранных членов-корреспондентов, труды многих из которых впоследствии сыграли огромную роль и изучаются до сих пор. Это Винченцо Вивiani (1622–1703) – ученик Галилея, Джованни Альфонсо Борелли (1608–1709) – физик, математик, физиолог и астроном и др. Ее членами-корреспондентами были француз Оноре Фабри (1606–1688) – автор книги *Physica*², диалога *De Lumine*³, Джованни Доменико Кассини (1625–1712) – астроном, основатель Парижской обсерватории. Работы Академии опытов были изданы во Флоренции в 1667 г. под названием «Очерки о естественнонаучной деятельности Академии опытов» и переведены на французский язык в 1731 г. голландцем П. Мушенбруком. Немаловажную роль сыграл в работе академии открыватель атмосферного давления Эванджелиста Торричелли (1608–1647) как прямой преемник Галилея в Италии.

На собраниях академий, которые проходили, как правило, в частных квартирах или нанимаемых помещениях, ставились опыты и делались сообщения об их результатах, обсуждались различные вопросы

¹ Модина Э.Б., Франкфурт У.И. Из истории научной мысли XVII века // У истоков классической науки: Сб. статей / Отв. редактор А.Н. Боголюбов. – М.: Наука, 1968. – С. 333.

² *Physica seu scientia rerum corporearum, in decem tractatus distributa* (Lugduni, 1669).

³ *Dialogi physici, in quibus de motu terrae disputatur; marini aestus nova causa proponitur...* (Lugduni, 1669).

естествознания. К ним относились механизм кровообращения, назначение лимфатических сосудов, гипотеза Коперника, природа комет и новых звезд, спутники Юпитера, Сатурна, солнечные пятна и обращение Солнца вокруг оси, неровности поверхности Луны, фазы Венеры и Меркурия. Не проходили мимо внимания участников кружков изобретение телескопа и способы шлифования стекол с целью получения линз для него, дискуссии о наличии веса воздуха и теории «боязни пустоты». В 1694 г. один из членов Академии опытов Карло Ренальдини (1615–1698) первый предложил принять в качестве фиксированных температур при градуировке термометра температуру таяния льда и температуру кипения воды. Ставились опыты Торричелли с ртутью, исследовалось падение тяжелых тел, ускорение свободного падения и другие вопросы изучения природы¹.

В большинстве случаев деятельность перечисленных академий была недолговечной. Например, Академия тайн природы скоро после открытия была вынуждена прекратить свое существование под давлением церкви, так как ее основатель Порта был заподозрен инквизицией в волшебстве (себя он сумел оправдать)². Академия деи Линчеи процветала лишь до смерти ее основателя Ф. Чези. До этого она постоянно выступала с открытой защитой учения Галилея, опубликовала научные работы Галилея. Возрождалась она несколько раз в XVIII, XIX вв. и лишь в 1944 г. преобразована в Национальную академию деи Линчеи (Accademia Nazionale dei Lincei). Академия опытов просуществовала всего 10 лет и была закрыта под сильнейшим давлением папских кругов на ее покровителя герцога Тосканского Леопольде Медичи. Роспуск Академии опытов нанес большой урон итальянской науке: примерно в течение целого столетия итальянская наука ничего не могла дать европейской, на формирование которой она в свое время столь сильно повлияла.

Однако некоторые академии просуществовали достаточно длительное время, сумели сплотить постоянные коллективы ученых, привлекая в свою среду ученых и из других государств, сумели добиться финансовой поддержки правительства и стали официальными научными организациями. Для развития науки нужны финансы, приборы, материалы, информация и то, что входит в содержание понятия «академические свободы». Недаром еще в XVII в. знаменитый английский ученый Фрэнсис

¹ Модина Э.Б., Франкфурт У.И. Из истории научной мысли XVII века / У истоков классической науки: Сб. статей. – М.: Наука, 1968. – С. 339.

² Лебедев В.И. Исторические опыты по физике. – Изд. 2-е, испр. – М.: КомКнига, 2006. – С. 75.

Бэкон писал: «Чтобы добиться великого обновления, быстрого умножения знаний, необходимо создавать ученые учреждения, строить для них здания, давать им уставы и привилегии, собирать библиотеки, приобретать инструменты. Необходимо выбирать ученых «между самыми талантливыми и сведущими людьми» и обеспечивать их так, чтобы они имели покой и досуг для занятий и не искали более прибыльной практической деятельности»¹. К числу таких организаций относятся Королевское общество и Парижская академия, истории основания которых начнутся задолго до их открытия, а именно с работы кружков ученых.

Так, в Париже большую известность получил в начале XVII в. математический *кружок Маренна Мерсенна* (1588–1648), собрания которого во францисканском монастыре стали регулярными еще в 1625 г. Когда кто-либо из ученых переезжал или приезжал в Париж, он становился членом кружка Мерсенна. Это был кружок математиков, физиков, астрономов, который стал подлинным центром французской науки. Ядро кружка составляли самые блестящие естествоиспытатели того времени: П. Гассенди (1592–1655), Ж. Роберваль (1602–1675), Ж. Декарт (1593–1662), Р. Декарт (1590–1650). Постоянными посетителями этого кружка были десятилетний Блез Паскаль (1623–1662) с отцом. Сам Мерсенн также внес значительный вклад в науку: работы по акустике, математике, теории музыкальных инструментов. Совместно с П. Гассенди (1592–1655) он провел первые эксперименты по измерению скорости звука в воздухе. Главным делом жизни Мерсенна была организация обмена научной информацией ученых посредством переписки, которую он лично поддерживал со всеми ведущими учеными своего времени, служа своеобразным центром связи между ними². Именно благодаря этой переписке становились известными важные открытия, например, опыты Торричелли с пустотой³. Его прозвали «человек-журнал». В середине XVII в. Париж стал европейским центром научных связей. Мерсенну очень хотелось, чтобы в Париже была академия наук, но при жизни увидеть ее ему не удалось.

¹ Конелевич Ю.Х. Фрэнсис Бэкон и возникновение научных академий // Вопросы истории естествознания и техники. – Вып. 1(38). – 1972. – С. 21.

² Елизаров В.П. «Республика Ученых»: Лейбниц и Мерсенн // Г.В. Лейбниц и Россия: Материалы Международной конференции. Санкт-Петербург, 26–27 июня 1996 г. / Отв. редакторы Т.В. Артемьева, М.И. Микешин. – СПб: СПб НИЦ, 1996. – С. 196–223.

³ Фрейман Л.С. Ферма, Торричелли, Роберваль // У истоков классической науки. Сб. статей. – М.: Наука, 1968. – С. 220.

В 30-е годы XVII в. во Франции по инициативе государственных деятелей стали создаваться академии, целью которых была унификация литературы, искусства, науки. Так, в 1634 г. кардинал Ришелье (1585–1642) организовал Французскую академию литературы и словесности, в 1648 г. была создана Королевская академия живописи и скульптуры, в 1663 г. – Академия надписей и медалей. В 1666 г. генеральный контролер финансов Ж.Б. Кольбер (1619–1683) решил организовать *Парижскую академию наук*. Кольбер был реформатором и фактическим руководителем внешней и внутренней политики Франции середины XVII века. Создавая Парижскую академию наук, Кольбер считал, что она должна заниматься решением практических задач, важных для государства. Поэтому академики привлекались для исследования полета снарядов, строительства военных укреплений и решения других проблем подобного рода. В качестве основного ядра будущей академии наук он использовал кружок, сложившийся в свое время у Мерсенна. В декабре 1666 г. указом Людовика XIV Академия естественных наук была открыта, впоследствии она была преобразована в Королевскую академию наук. Ее первым президентом стал приглашенный из Нидерландов Христиан Гюйгенс (1629–1695). В знаменитом «Меморандуме», написанном Х. Гюйгенсом для Кольбера, утверждается, что основным и наиболее полезным занятием членов академии было «работать над естественной историей в соответствии с планом, намеченным Бэконом». Вот в основных чертах проект Гюйгенса: эксперименты с вакуумом при помощи насосов для определения веса воздуха; замер взрывной силы пороха, помещенного в закрытый железный или медный контейнер с достаточно толстыми стенками; исследование силы пара, силы и скорости ветра и изучение возможности его применения в навигации и работе механизмов; анализ «силы... движения под действием удара». Гюйгенс пишет, что есть много полезных вещей, которые остаются совсем или почти неизвестными нам, и перечисляет некоторые из них: природа тяжести, тепла, холода, света, магнитного притяжения, дыхание животных, состав атмосферы, рост растений и т. д.¹ Французская академия наук пригласила в Париж Гюйгенса из Голландии, Доминика Кассини из Рима, Ремера из Дании; первыми ее членами были Роберваль, Озу (Auzout), Пикар, Каркави и др. Этой академии, начиная с 1669 г., наука обязана знаменитыми градусными измерениями, астрономическими и физичес-

¹ Д. Антисери и Дж. Реале. Западная философия от истоков до наших дней. От Возрождения до Канта / В пер. и под ред. С.А. Мальцевой. – СПб.: Пневма, 2002. – С. 270.

кими наблюдениями в экваториальных странах и т. д. Вскоре она сделалась первым научным обществом в Европе, с которым соперничать могло только Королевское общество. Свои работы академия публиковала сначала в *Journal des Savants* (основанном в 1665 г.); но в 1669 г., когда она была переименована в Королевскую, начал ежегодно выходить один том ее трудов под названием *Histoire et memoires de l'academie Royale des Sciences*. Издание продолжалось до 1798 г., когда академия подверглась новым преобразованиям при республике¹.

Организационная деятельность Парижской АН способствовала многим успехам науки. В Париже Х. Гюйгенс написал ряд важных работ, в том числе «мемуар», в котором изложил волновую теорию света; построил «планетную машину» – прообраз планетария. Работавший во Франции в 1671–1681 гг. датский астроном О. Рёмер (1644–1710) по наблюдениям затмений спутников Юпитера определил скорость распространения света (1675). В сентябре 1676 г. на заседании Парижской академии наук он сделал доклад, в котором предсказал, что затмение, ожидаемое 9 ноября того же года, произойдет на 10 минут позже, чем следует из расчетов, не учитывающих время распространения света от Юпитера до Земли². 25 апреля 1672 г. на заседании Парижской АН был доложен трактат Н. Кассегрена о мегафонах. В трактате также указывалось, что Кассегрен предложил рефлектор с параболическим и гиперболическим зеркалом. Французский аббат и естествоиспытатель, один из основателей и первых членов Академии наук Эдм Мариотт (1620–1684) независимо от англичанина Роберта Бойля (1627–1691) открыл один из газовых законов; ввел способ определения высоты места по показаниям барометра, осуществил многочисленные опыты по гидродинамике. Занимаясь усовершенствованием физических приборов, главным образом гигрометров, барометров и термометров, проводил наблюдения за газом Гильом Амонтон (1663–1705). Им также в 1699 г. были сформулированы законы внешнего трения твердых тел. Развитие физики тормозилось, однако, тем, что академия долгое время отвергала теории И. Ньютона, оставаясь на позициях картезианцев. Картезианская физика, в противоположность ньютоновской, считала все протяженное телесным, отрицая пустое пространство, и описывала движение с помощью понятия «вихрь»; физика картезианства впоследствии нашла свое выраже-

¹ Ф. Розенберг. История физики / Пер. с нем. и под ред. И. Сеченова. Ч. 2. – М.–Л.: Гос. тех.теорет. изд-во. – 1933. – 342 с. – С. 152.

² Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 117–120.

ние в теории близкодействия¹. Впоследствии по образцу Парижской были созданы академии в Ниме (1682), Лионе (1700), Бордо (1712), Дижоне (1740), Тулузе (1729) и других городах Франции.

Критика картезианства со стороны А. Клеро, П. Мопертюи, а также Вольтера, Д'Аламбера, Д. Дидро и др. энциклопедистов способствовала переходу АН к середине XVIII в. на ньютонианские позиции. В 1740 г. Пьер-Луи Мопертюи (1698–1759) стал одним из первых приверженцев и распространителей идей Ньютона и ввел в механику принцип наименьшего действия. Жан Лерон Д'Аламбер (1717–1783) в 1743 г. впервые сформулировал законы движения и способствовал систематизации классической механики. Жозеф Луи Лагранж (1736–1813) в «Аналитической механике» (1788) обосновал статику и динамику с помощью принципа возможных перемещений (принцип Д'Аламбера-Лагранжа). Член Парижской АН Шарль Дюфе (1698–1739) в 1733–1734 гг. открыл наличие двух видов электрических зарядов. Основные положения визуальной фотометрии были сформулированы в 1730–1740-х гг. Пьером Бугером (1698–1758). Он написал также ряд работ по навигации и теории корабля. Были созданы новые типы термометров – воздушный (1703; Г. Амонтон) и спиртовой с 80-градусной шкалой (1730; Р.А. Реомюр). Произнесенные Д'Аламбером в стенах академии речи показывают, что он считал это учреждение важным оплотом борьбы с невежеством. После Великой Французской революции в Париже была создана новая Французская академия наук – Институт Франции, член которой Шарль Кулон (1736–1806) установил закон, определяющий силу электростатических взаимодействий.

В XVII в. центр научных исследований из Италии, а затем Франции и Голландии постепенно перемещается в Великобританию, вступившую на путь капиталистического развития и ставшую к концу века сильнейшей морской державой. В этих условиях Лондонское королевское общество стало центром науки, история создания которого также начиналась с частных собраний. Начиная с 1645 г. в Лондоне регулярно собирался кружок любителей естественных наук, на заседаниях которого обсуждались проблемы физики, геометрии, навигации, химии и т. д. В 1648 г., в связи с гражданской войной, некоторые члены этой группы были переведены в Оксфорд, с 1654 г. усилиями Роберта Бойля (1627–1691) кружок был преобразован в Оксфордское научное общество. Заседания его зачастую носили полуконспиративный характер, поэтому

¹ Новейший философский словарь. – 3-е изд., испр. – Мн.: Книжный дом, 2003. – С. 473–475.

Бойль называл его «*Невидимой коллегией*»¹. Главная цель общества состояла в развитии нового экспериментального метода, а потому демонстрация различных новых явлений и приборов составляла одно из основных занятий еженедельных заседаний. После реставрации монархии общество оформилось организационно, в 1660 г. получило статус *Лондонского королевского общества* и было утверждено Королевской хартией в 1662 г. В утвержденном Карлом II «Статуте» устанавливались права и прерогативы Королевского общества. Цель общества – составить «точное описание всех природных явлений» простым и лаконичным языком, близким языку «ремесленников, крестьян, торговцев», а не языком «философов». Речь идет о языке науки – математики, анатомии, магнетизма, механики, физиологии. Девизом Лондонского королевского общества было и остается *Nullius in verba* – «Не верь ничьим словам»² (или «Ничьих слов не принимать на веру»³). Созданное общество разработало программу исследований, которая охватывала проблемы, поставленные, с одной стороны, практикой – мореплаванием (ориентировка в пространстве и времени, в особенности определение долготы, составление карт), военным делом (изучение движения снаряда в воздухе), металлургией, медициной и т. д.; с другой стороны – необходимостью выработать научный взгляд на природу, представшую в новом свете в результате коперниканской революции и Великих географических открытий. В общество вошли выдающиеся физики Роберт Бойль, Роберт Гук (1635–1722), И. Ньютон, математик Джон Уоллис (1616–1703), математик и астроном Кристофер Рен (1632–1723), формировались как ученые французы Ж. Даламбер, А. Лавуазье, Г. Монж, С. Карно, Ш. Кулон и т. д. Лондонское королевское общество, хотя и именовалось Королевским, было объединением частных лиц, вносивших членские взносы на расходы общества по подготовке и проведению экспериментов, изданию печатных материалов. Его организационная деятельность способствовала многим успехам науки. В области экспериментальной физики это были, прежде всего, работы Р. Гука и в особенности фундаментальные труды Ньютона по оптике. Ньютон создал корпускулярную теорию света, основываясь на которой предложил объяснение открытой им дисперсии света. Опыты Бойля с пневматическим насосом, изготовленным

¹ Антисери Д. и Реале Дж. Западная философия от истоков до наших дней. От Возрождения до Канта / В пер. и под ред. С.А. Мальцевой. – СПб.: Пневма, 2002. – С. 270.

² Там же. – С. 269.

³ Копелевич Ю.Х. Возникновение научных академий: середина XVII – середина XVIII вв. – Л.: Наука, 1974. – С. 52.

при участии Р. Гука, привели к установлению простейшей зависимости объема газа от сжимающих его сил давления. В механике Дж. Уоллисом и К. Реном были установлены законы удара твердых тел (шаров). Открытая Гуком зависимость между деформацией твердого тела (стержня) и приложенной к нему силой легла в дальнейшем в основу теории упругости. Существенным шагом в развитии представлений о строении вещества была атомистическая концепция Бойля, отбросившего натурфилософское учение древних о четырех первичных элементах материи. Главная заслуга Р. Бойля, родоначальника современной химии, – введение понятия химического элемента как химически не разлагаемой далее составной части тела и создание качественного анализа. Бойль разработал экспериментальный подход к изучению физических и химических явлений. Развитием работ Р. Бойля явились исследования процессов горения, а также обжига металлов. Р. Гук усовершенствовал микроскоп и в своей «Микрографии» (1665) впервые описал клетки растений. С 1662 по 1677 г. ученым секретарем общества был Генри Ольденбург, который в 1665 г. начал публиковать «Акты» общества (*Philosophical Transactions* – «Философские труды», которые выходят и по сегодняшний день). Труды Королевского общества являются первым в Европе периодическим изданием, посвященным вопросам науки.

Тридцатилетняя война (1618–1648), опустошившая Германию, раздробленность и экономическая отсталость страны обусловили отставание Германии в XVII–XVIII вв. от Англии и Франции не только в экономике, но и в развитии науки. В этот период выделяются труды лишь немногих немецких ученых: Иогана Кеплера (1571–1630), открывшего законы движения планет и давшего качественные объяснения приливам и отливам, Готфрида Лейбница (1646–1716), создателя дифференциального и интегрального исчисления. Но после войны в Германии тоже возникло ученое общество. Еще осенью 1651 г. городской врач вольного императорского города Швейнфурта И.Л. Бауш начал хлопотать об основании *Академии естествоиспытателей* (*Academia Naturae Curiosorum (ad excolendas res naturales)*). 1 января 1652 г. состоялось первое собрание, утвердившее устав общества, в 1672 г. оно получило санкцию императора Леопольда I, сначала в качестве частного общества, а с 3 августа 1677 г. в качестве императорской академии под названием «Германская “Леопольдино-Каролинская” академия естествоиспытателей»¹. Впоследствии она была переведена в Бонн. Печатание ее трудов

¹ Ф. Розенберг, История физики / Пер. с нем. под ред. И. Сеченова / Ч. 2. – М.–Л.: Гос. тех.-теорет. изд-во. – 1933. – С. 152.

началось в 1670 г. и за исключением периода с 1792 до 1817 г. продолжалось непрерывно до наших дней, изменяясь только по заглавию и по времени выхода книги. Журнал этой академии имел, впрочем, больше значения для описательных наук, чем для физики и химии. Немецкие физики публиковали свои работы преимущественно в издании *Acta eruditiorum*, основанном в 1682 г. профессором О. Менке в Лейпциге и затем издаваемом преемственно его сыном, внуком и т. д. Журнал прекратил свое существование в 1776 г. на 117-м томе in quarto. Другие немецкие академии были либо основаны позже, либо имели мало значения для физики.

В Берлине королем Фридрихом II в 1700 г. по инициативе и плану Г. Лейбница была учреждена Академия наук, которая первоначально именовалась Бранденбургским научным обществом, однако открылась она только в 1711 г. Первым ее президентом был Лейбниц. При Фридрихе Вильгельме она утратила было свое значение, но в 1744 г. была восстановлена Фридрихом Великим с новым блеском под председательством П. Мопертюи и называлась *Берлинской королевской академией наук*; позже Берлинской королевской академией наук и литературы, Прусской АН. Научную репутацию Прусской АН (в Берлине) в области математики и механики в середине XVIII в. поддерживали приглашенные иностранцы – Леонард Эйлер (1707–1783), Жозеф Лагранж. Именно берлинский период жизни Эйлера (1741–1766) был особенно продуктивным, когда им были заложены основы математической физики, механики твердого тела, выполнены основополагающие работы по механике машин, разобран случай инерционного движения тяжелого твердого тела, закрепленного в центре тяжести (гироскоп Эйлера-Пуансо). В 1759 г. по представлению Эйлера 23-летнего Лагранжа избрали в иностранные члены Берлинской академии наук, а в 1766 г. по приглашению Фридриха II он уже стал ее президентом. Для Лагранжа берлинский период (1766–1787) также стал самым плодотворным в жизни. Здесь он выполнил важные работы по алгебре и теории чисел, по решению дифференциальных уравнений в частных производных. В Берлине был подготовлен труд «Аналитическая механика», опубликованный в Париже в 1788 г. и ставший вершиной научной деятельности Лагранжа. В основу всей статике он положил так называемый принцип возможных перемещений, в основу динамики – сочетание этого принципа с принципом Д'Аламбера. Им были введены обобщенные координаты, разработан принцип наименьшего действия. Лагранж принимал участие в организации в Турине научного общества (впоследствии Туринской академии

наук). В организации Баварской академии наук в Мюнхене участвовал один из основателей фотометрии (наряду с Бугером), член Берлинской АН Иоганн Ламберт (1728–1777). В 1739 г. была учреждена национальная академия в Швеции, в 1742 г. – в Дании, в 1760 г. – в Норвегии.

В США в период их образования основными центрами, в которых развивались естественные и технические науки, были научные общества, первое из них – Бостонское философское общество, основано в 1683 г.; в 1727 г. Франклином был создан клуб любителей природы в Филадельфии¹, который с 1743 г. был реорганизован в *Американское философское общество*. Среди первых членов общества были знаменитые президенты США Джордж Вашингтон и Томас Джефферсон. Это старейшее научное общество США существует до сих пор. Второе старейшее научное общество – *Американская академия наук и искусств*, основанная в 1780 г. в Бостоне. В 1799 г. была основана Коннектикутская академия наук и искусств (Нью-Хейвен), в 1812 г. основана Филадельфийская академия естественных наук, в 1830 г. – Бостонское общество естественных наук. В период между Войной за независимость и Гражданской войной жители США были так озабочены экономическими и социальными проблемами, что профессиональные общества не смогли развиваться на национальном уровне до каких-либо серьезных масштабов. Тем не менее на уровне штата и на местном уровне такие общества действовали довольно активно.

Таким образом, созданные в XVII–XVIII вв. во многих европейских странах и в Новом свете академии и научные общества эффективно способствовали распространению научных знаний, осуществляя активную издательскую деятельность. Их создание в целом было связано с набирающим обороты буржуазным производством.

Иначе обстояло дело в России.

1.3.2. Российская академия наук в становлении отечественной физики

Россия к концу XVII в. и в политическом, и в экономическом, и в культурном отношении была еще чисто феодальной страной. Она отставала от передовых западноевропейских стран, уже вступивших на путь капиталистического развития. Образование и просвещение цели-

¹ Ефимов А.В. Очерки истории США. 1492–1870. – Изд. 2-е. – М.: Учпедгиз, 1958. – 440 с. (Книга размещена на сервере проекта Biografia.ru)

ком находилось в руках церкви, а школы и высшие учебные заведения – Киевская академия и Московская славянско-греко-латинская академия – являлись духовными учебными заведениями. Преподавание в них носило средневековый, схоластический характер.

В связи с реформами Петра I культура России начала претерпевать изменения. Усиливались связи с границей, Петр I посылал туда русских молодых людей для получения образования, создавались технические и военные учебные заведения, ремесленные и «цифирные школы». В 1724 г. по указу Петра I была организована Петербургская академия наук, что положило начало научным исследованиям в России¹.

Петр I во время своего путешествия по Европе знакомился с Лондонским Королевским обществом, президентом которого в то время был Исаак Ньютон. Уже будучи императором, Петр I посетил Париж и Парижскую академию наук. Царь хорошо понимал необходимость создания в России высшего научного учреждения, ведя длительные переговоры с учеными Европы об организации академии. Петр I выбрал в качестве образца парижский вариант. Указ Петра I об учреждении Академии наук был подписан 28 января 1724 г. Ровно через год после подписания указа Петр I умер, и академия начала работать уже при его преемнике в 1725 г. Перед Петербургской академией наук помимо ее основной задачи – развивать науку и использовать ее для нужд государства – была поставлена задача подготовки национальных кадров ученых. Все первые академики были иностранцами, и в их задачу входила подготовка русских математиков, физиков, химиков и т. д. Для этой цели при академии наук были созданы университет и гимназия. Академия также должна была распространять знания среди русского общества: проводить научно-популярные лекции, издавать научную и научно-популярную литературу на русском языке.

Организация Петербургской академии наук явилась толчком к развитию русской науки. Возникновение центрального ученого учреждения позволило русским исследователям принять систематическое участие в разработке научных вопросов². С наибольшей интенсивностью в Академии наук разрабатывались физико-математические науки, так как они нужны были для решения практических задач: укрепления армии,

¹ См. об этом: Развитие физики в России. В 2 т. Т. I / Под ред. А.С. Предводителя, Б.И. Спасского. Сост. А.Ф. Коноков. – М.: Просвещение, 1970. – С. 11–12, 33.

² Лазарев П.П. Очерки истории русской науки. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 39.

развития мореплавания и т. д. Собравшиеся тогда в Петербурге ученые составили сильный научный коллектив, из которых особую известность имели Даниил (1700–1782) и Николай (1695–1726) Бернулли, Леонард Эйлер (1707–1783), математик Якоб Герман (1678–1733) и другие разносторонние ученые: и математики, и естествоиспытатели, и механики, и физики, и астрономы. В результате их деятельности Петербургская академия наук быстро приобрела славу крупнейшего мирового научного центра.

С 1730 по 1733 г. кафедру физики занимал знаменитейший *Леонард Эйлер*, впоследствии академик по математике, обогативший в 1769–1771 гг. и физику тремя томами своей «Диоптрики». Широкой известностью пользовались в свое время физики *Георг-Бернгард Бильфингер* (1693–1750) и *Георг Вольфганг Крафт* (1701–1754). Г. Бильфингер был философом лейбнице-вольфианской школы и считался самым талантливым популяризатором идей Лейбница и Вольфа¹, с 1726 по 1730 г. руководил кафедрой физики. Академик Г. Крафт был учеником Бильфингера и занимал кафедру физики с 1733 по 1744 г. Он основал в академии физический кабинет, «так что корпус физических инструментов вдруг знатнейшим по всей Европе учинился», и был первым, кто при академии «полный курс экспериментов физических имел»². В этом кабинете он сам начал экспериментировать, в частности, выявил калориметрические формулы для определения температуры смеси горячей и холодной воды. Его помощником «по физическому департаменту» был *Георг-Вильгельм Рихман* (1711–1753), который был первым физиком-академиком, воспитанным в России, и внес впоследствии очень большой вклад в исследование тепловых и электрических явлений. При академии с 1726 г. состоял механик и физик Иоганн Лейтман (1667–1736), один из первых русских метрологов и деятелей по монетному делу, который занимался темами оптики и применением сверхточных весов. Основание физического кабинета при академии положило начало экспериментальным физическим исследованиям. Физический кабинет академии явился первой исследовательской лабораторией по физике.

Научное лицо Петербургской академии наук с первых лет ее существования определилось как научное учреждение очень высокого клас-

¹ Бильфингер Георг-Бернгард: статья на сайте «Русский биографический словарь»/URL: <http://rulex.ru>

² Россия, разд. Физика: статья на сайте «Русский биографический словарь»/URL: <http://rulex.ru/01272005.htm>

са. Однако неблагоприятные политические условия тяжело отразились на работе молодой академии. Дворцовые перевороты, смена временщиков поглощали все внимание правящей верхушки, которую академия мало интересовала. Иностранцы академики также были отгорожены стенами академии от русского народа, от его интересов, от борьбы русских передовых людей за развитие русской культуры, за развитие экономики России. Кроме того, свирепствовала академическая канцелярия под командованием И.Д. Шумахера. Один за другим академики уезжали из России: уехали Д. Бернулли, Л. Эйлер, Я. Герман, Г. Крафт – истинный научный костяк академии. В таком составе находит ее *Михаил Васильевич Ломоносов* (1711–1765), который и поставил перед собой задачу заложить теоретический фундамент русской науки, ее традиции. Пересмотрев всю совокупность современных ему наук, в частности, физику, подвел итог всему, что было сделано в ней до него, и одновременно наметил дальнейший путь ее развития¹.

Во второй половине XVIII в. Петербургская академия наук по существу оставалась единственным центром физической науки в России. Самое почетное место в главных достижениях науки в этот период принадлежит творчеству М.В. Ломоносова (1711–1765), Л. Эйлера, в 1766 г. вернувшегося в Россию, *Франца Эпинуса* (1724–1802) и *Товия Ловица* (1757–1804). «По своему качеству эта физика, – писал С.И. Вавилов, – занимала одно из первых мест, если не первое место в Европе»². Выдающиеся успехи, прославившие отечественную физику во всем мире, были достигнуты в исследованиях по теории электрических и магнитных явлений, по оптике и оптическому приборостроению. Ученик М.В. Ломоносова, Г. Рихмана и Л. Эйлера академик *Семен Кириллович Котельников* (1723–1806), опираясь на основные положения молекулярно-кинетической теории теплоты, развитой Ломоносовым, разработал теорию диффузии в смеси пара и воздуха и применил основные идеи этой теории к анализу процессов, происходящих при испарении жидкостей. Эти исследования имели большое значение для последующего развития учения о теплоте и теоретической метеорологии. Работой мастерских долгие годы (с 1769 по 1801 г.) руководил знаменитый механик-самоучка *Иван Петрович Кулибин* (1735–1818). В целом физики Петербургской академии много сделали для связи науки с запросами практики, для со-

¹ Развитие физики в России. В 2 т. Т. 1 / Под ред. А.С. Предводителевой, Б.И. Спасского. Сост. А.Ф. Коноков. – М.: Просвещение, 1970. – С. 33.

² Цит. по: Развитие физики в России. В 2 т. Т. 1 / Под ред. А.С. Предводителевой, Б.И. Спасского. Сост. А. Ф. Коноков. – М.: Просвещение, 1970. – С. 70.

здания новых учебных пособий и преподавания физики¹, а также для пропаганды ее достижений. Кроме того, они были тесно связаны с крупнейшими учеными Европы и Америки, о чем свидетельствует обширная научная переписка. Почетными членами Петербургской академии были такие выдающиеся ученые, как И. Бернулли, Ф. Вольтер, Ф. Гершель, Х. Гольдбах, Д. Дидро, Ж. Даламбер, И. Кант, Ж. Лагранж, П. Лаплас, П. Мушенбрук, Р. Реомюр, Б. Франклин, И. Циммерман и др. С некоторыми из этих ученых петербургские физики постоянно переписывались, их отдельные работы печатались в трудах Академии наук.

Таким образом, процесс объединения ученых в общества, академии, установления тесных связей между ними способствовал возникновению новой профессии – ученого, давал возможность проводить все более усложняющиеся эксперименты, способствовал оперативному обмену научной информацией (нередко с помощью переписки между членами академий и выпуска соответствующих изданий). По мере развития общества, производительных сил, в особенности становления капитализма в Англии, Франции, Германии, Италии, позже и России и др. странах, все более усиливающихся запросов технического прогресса и достижений науки определенной производительной силой становилась и деятельность ученых, работающих коллективно.

1.4. Усиление роли университетов и возникновение новых организационных форм в физике XVIII–XIX вв.

Перемены, происходящие в общественной жизни, производстве, науке и культуре, обострившиеся политические противостояния коснулись и университетов, которые втягивались в научное движение. Достаточно сказать, что в Кембриджском университете с 1669 по 1695 г. был профессором И. Ньютон. Выпускником (1759) и профессором (1775–1798) Болонского университета был Л. Гальвани, профессором Павийского университета – А. Вольта (1779–1815), выпускником (1797) и профессором (с 1820 г.) Копенгагенского университета был Х.К. Эрстед, профессором (с 1863 г.) и ректором (1876–1877) Венского университета – Й. Стефан и т. д. Университеты привлекали студентов не только из различных провинций одной страны, но и из-за границы. Между университетами устанавливались научные контакты, производился обмен

¹ Смагина Г.И. Академия наук и развитие образования в России в XVIII веке // Вестник РАН. – 2000. – Т. 70. – № 7. – С. 635–644.

студентами и преподавателями, на базе университетов основывались научные общества и издавались научные журналы. Все это служило основанием для создания адекватных развивающимся науке и производству форм научных коммуникаций в национальных и международных масштабах.

1.4.1. Вклад западных университетов в развитие физики XVIII–XIX вв. Появление научных обществ

В XVIII–XIX вв. происходит всплеск научной активности европейских университетов, причем в науке складывается понятие идеи классического университета. Этому способствовали определенные особенности европейской культуры XIX в., которой предшествовали открытие науки как определенного типа деятельности и мировоззрения, научная революция XVII–XVIII вв. Модель классического университета высказана и обоснована В. Гумбольдтом и Дж. Ньюменом, выдающимися учеными и общественными деятелями XIX столетия. Ньюменовская концепция представляет идею интеллектуального университета, гумбольдтовская – исследовательского. Идея классического университета объединяет в себе традиции этих обоих типов.

В XVII–XVIII вв. в Германии в университет проникают научные методы, изменяется содержание учебных программ. В отличие, например, от Англии, где большую роль могли играть «кабинетные» ученые, находившиеся в более или менее тесных отношениях с одним или несколькими научными обществами, или от Франции, которая приняла техническую систему образования, подчинив науку нуждам развития государства, в Германии в XVIII веке сложился принцип единства научного исследования и преподавания внутри самостоятельного, хотя и пользующегося государственной поддержкой, но свободного от давления внешних сил самоуправляющегося университета. Два крупнейших немецких философа – *Христиан Вольф* (1679–1754) и *Готфрид Вильгельм Лейбниц* (1646–1716) – как раз и стояли у истоков первых подобного рода учреждений, возникших соответственно в Галле и Геттингене. Профессора начинают заниматься самостоятельными научными исследованиями, а наука развиваться как коллективное творчество, в результате чего возникает осознание важности объединения в сообщества для «аккумуляции и развития научных идей»¹.

¹ Аверьянова Г.Н. Ценности университетского образования: эволюционный подход. Монография. – М.: МГУ, 2005. – С. 39.

Германия наряду с США становится ведущей капиталистической державой мира, опередившей по своему экономическому развитию Великобританию и Францию. Концепция В. Гумбольдта, практическим воплощением которой стал основанный в 1809 г. Берлинский университет, явилась целой эпохой в развитии университетского образования, и модель распространилась на все германские университеты. Наука и научные исследования становятся главной ценностной ориентацией деятельности университета. Геттингенский, Берлинский и отчасти Кенигсбергский университеты благодаря Гауссу, Якоби и Дирихле становятся крупными научными центрами. За короткое время Германия покрывается еще рядом университетов: Мюнхенский – в 1826 г., Гейдельбергский (после закрытия и переездов – в 1803 г.); Кильский, Бреславльский, Боннский – и сеть богатых лабораторий.

В этих университетах работали ведущие ученые мира. Так, выпускниками и впоследствии профессорами (с 1834 г.) Берлинского университета были: основатель Берлинского физического общества, создатель физической лаборатории при университете Г.Г. Магнус (в 1861–1862 гг. занимал пост ректора); известный физик и издатель, изобретатель зеркального гальванометра и реостата И. Поггендорф. В Кенигсбергском университете долгие годы (1829–1873) занимал должность профессора создатель первой математической электромагнитной индукции, основатель одной из первых физических лабораторий в Европе Ф. Нейман. Один из авторов закона сохранения энергии, немецкий физик и физиолог Г. Гельмгольц с 1849 по 1871 г. занимал должность профессора Кенигсбергского, затем Боннского, впоследствии Гейдельбергского университетов. С 1871 г. Г. Гельмгольц стал профессором Берлинского университета. Боннский университет в 1846 г. окончил видный исследователь электролитов, электрических разрядов в газах, катодных лучей И.В. Гитторф, а с 1847 по 1890 г. работал в Мюнстерском университете. Профессором университетов в Галле (1828–1831), Геттингене (1831–1837 и с 1849) и Лейпциге (1843–1849) работал В. Вебер. Именно работая в Геттингене совместно с профессором этого университета К. Гауссом, он построил первый в Германии электромагнитный телеграф, разработал систему абсолютных мер электрических и магнитных величин и соответствующих измерительных приборов. Однако успешное развитие Геттингенского университета резко затормозилось в 1837 г., когда были изгнаны семь наиболее видных профессоров, открыто протестовавших против поправок королем Эрнстом Августом либеральной ганноверской конституции, среди которых оказался и физик М. Вебер.

Но со временем, начиная с 1860-х годов, учреждение обрастает новыми зданиями и лабораториями. Уникальным памятником того периода стала Величайшая аудитория – *Auditorium maximum*. Университет постепенно изменяет начальной, преимущественно гуманитарной направленности и все более превращается в центр точных и естественно-научных исследований. В это время здесь работали математики Риман, Клейн, Гильберт, Минковский. Софья Ковалевская получила в Геттингене докторскую степень «по совокупности трудов». В конце XIX в. начался бум, связанный с изысканиями в области физики. Именно тогда прусское правительство разрешает университету строить филиалы, поскольку вуз не справляется с наплывом студентов и ученых. Известнейшим из этих филиалов стал нынешний Институт имени Планка. В конце XIX – начале XX вв. в Геттингене сложилась школа математиков: традиции Гаусса, Римана, Вебера продолжали Феликс Клейн и Давид Гильберт, а в 20-е гг. благодаря М. Борну и Дж. Франку Геттинген стал также и центром атомной физики¹.

Таким образом, классический университет представлял собой и научный, и учебный центр. Дополняющей рассмотренный выше классический облик университета считается модель английского кардинала *Джона Генри Ньюмена* (1801–1890), распространившая на университет традиции либерального образования². Основной ценностной ориентацией выступило поддержание традиций либерального образования, ориентированного на потребности отдельных личностей, а через них на потребности общества в целом. Либеральное образование носит элитарный характер, цель которого не совершенствование социума как такового, а прежде всего развитие интеллекта, духовного потенциала человека. Но к тому времени, когда Ньюмен писал концепцию об университете, демократические и индустриальные революции охватили западный мир³.

В университетах также возникали *научные общества*. Так, в 1751 г. было основано Геттингенское научное общество – закрытое собрание ученых, выпускавшее различные труды и объявлявшее конкурсные задачи. В скором времени оно стало не менее авторитетным, чем ведущие

¹ Гейзенберг В. Памяти Макса Борна // Успехи физических наук. – Т. 102. – Вып. 2. – 1970. – С. 149.

² Аверьянова Г.Н. Ценности университетского образования: эволюционный подход: Монография. – М.: МГУ, 2005. – С. 47.

³ Ладьянец Н.С. Университетское образование: идеалы, цели, ценностные ориентации. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1992. – С. 37.

европейские академии. На базе лаборатории и кружка ученых, группировавшихся вокруг профессора Берлинского университета Г. Магнуса, в 1845 г. возникло Берлинское физическое общество и был создан научный журнал «Успехи физики» (первый номер вышел в 1847 г.).

Научные исследования ведутся в Оксфорде и Кембридже. С целью «распространения познания и облегчения широкого введения полезных механических изобретений и усовершенствований и обучения посредством философских лекций и экспериментов приложению науки к общим целям жизни» в 1799 г. возник Королевский институт. Первый директор этого института Г. Дэви организовал уникальную химико-физическую лабораторию, где впоследствии работал Фарадей. В 1831 г. в Англии создается «Британская ассоциация содействия прогрессу науки», которая финансировала научно-исследовательские работы по различным отраслям естествознания. Все это способствовало быстрому развитию науки с обеспечением внедрения ее результатов в промышленность.

В США в 1636 г. в Кембридже (штат Массачусетс) была основана первая высшая школа (колледж, с 1639 г. – Гарвардский колледж, позже Гарвардский университет); в 1701 г. – Йельский колледж в Нью-Хейвене (с 1810 г. – университет); в 1740 г. – Филадельфийская академия (позже Пенсильванский университет), в 1746 г. – колледж Нью-Джерси (с 1896 г. – Принстонский университет), в 1754 г. – Кингс-колледж в Нью-Йорке (позже – Колумбийский университет) и др. К 1800 г. в США было 27 высших учебных заведений; программы их были преимущественно гуманитарными и теологическими. В 1818 г. открывается университет в Сент-Луисе (Миссури), в 1819 г. – Виргинский университет (Шарлотсвилл) и колледж (с 1870 г. – университет) Цинциннати, в 1821 – университет им. Дж. Вашингтона в г. Вашингтоне, в 1830 г. – Бостонское общество естественных наук, 1831 г. – университеты штатов Нью-Йорк и Алабама. Важным центром популяризации и распространения научно-технических знаний в США стал учрежденный в 1824 г. в Филадельфии Франклиновский институт, а позже Ренселеровский институт (основан в 1832 г.), в задачи которого входила также подготовка специалистов по прикладным наукам. В основу американской традиции высшего образования был положен принцип: университетская система не может быть отделена от реальности общества, которое ее поддерживает. Одним из первых университетов, удовлетворяющих этому принципу, можно считать университет Дж. Хопкинса, организованный в 1876 г. В целом же американские университеты во многом копировали структуру немецких.

Во Франции Великая французская революция внесла глубокие изменения в организацию французской науки. Радикальной перестройке подверглись королевские научные учреждения. В 1795 г. был открыт Национальный институт наук и искусств, который был демократичнее и ближе к практической жизни, чем Академия наук. Впоследствии он стал институтом Франции. В 1794 г. же открылась Политехническая школа, активным участником основания которой был П.С. Лаплас, а выпускниками и впоследствии профессорами – Д.Ф. Араго, Ж.Л. Гей-Люссак, Ж.Б. Фурье, С.Д. Пуассон, О.Ж. Френель, А.М. Ампер, О. Браве, Г.Г. Кориолис, Э.Л. Малюс, А.П. Пти, А.В. Реньо, Ш. Фабри и др. Тогда же была основана Нормальная школа в Севре, выпустившая впоследствии таких ученых, как С. Карно, Ж.А. Лиссажу, Л.Э. Нель, К.С. Пуье, Э. Бранли, М. Бриллюэн, П. Виллар, П. Дюгем, Эм. Коттон, Эж. Коттон и др. Вновь созданные учебные заведения были, как правило, хорошо оборудованы, имели превосходные кабинеты, библиотеки и стали ведущими центрами физических исследований.

Развитие промышленности, требовавшее подготовки научно-инженерных кадров, стимулировало развитие научных исследований в Австрии, Дании, Испании и др. Например, для обеспечения потребностей горной и металлургической промышленности, машиностроения, транспорта и др. в Вене создается Политехнический институт, в Хемнице – Горная академия, в которых успешно работал известный физик Х. Доплер. Политехническая школа открывается в Копенгагене, директором которой был Х.К. Эрстед. В 1823 г. открывается в Испании Школа гражданских инженеров, в 1850 г. в Барселоне – Индустриальная школа. Все это способствовало значительному повышению уровня высшего образования и формированию новой системы организации исследований, связанной с национальными научными традициями.

1.4.2. Российские университеты в становлении и развитии отечественной физики в XVIII–XIX вв.

В России ведущую роль в науке играли такие университеты, которые открылись в XVIII–XIX вв. Хронологически первым российским университетом является Санкт-Петербургский, который был открыт при Академии наук в 1724 г. Началом же университетской истории в России считается Московский университет, организованный по замыслу М.В. Ломоносова.

Московский университет был открыт в 1755 г. по инициативе М.В. Ломоносова. Ломоносов с первых дней своей деятельности в Академии наук вел борьбу за развитие просвещения России. Он считал, что без создания научных и учебных центров невозможно обеспечить ни должного развития отечественной науки, ни подготовки научных и педагогических кадров, а также кадров, необходимых для работы в промышленности и в государственных учреждениях¹. Вторая половина XVIII в. характеризуется ростом экономики и военного могущества Российского государства. Вместе с тем в стране в период феодально-крепостнических отношений продолжала господствовать неграмотность, было очень мало отечественных ученых, а Петербургская академия наук находилась под сильным влиянием реакционной профессуры, также в основном иностранной². Благодаря учреждению двух гимназий Московский университет открывал пути для просвещения русской молодежи. В соответствии с планом М.В. Ломоносова в Московском университете были образованы три факультета: философский, юридический и медицинский. Свое обучение все студенты начинали на философском факультете, где получали фундаментальную подготовку по естественным и гуманитарным наукам. Образование можно было продолжить, специализируясь на юридическом, медицинском или на том же философском факультете. В отличие от университетов Европы в Московском не было богословского факультета, что объясняется наличием в России специальной системы образования для подготовки служителей православной церкви. Профессора читали лекции не только на общепризнанном тогда языке науки – латыни, но и на русском языке.

Кафедра физики при философском факультете создавалась по указаниям Ломоносова, поскольку экспериментальная и теоретическая физика была признана им одним из важных предметов. Ломоносов стремился к тому, чтобы к делу преподавания привлекались в первую очередь русские профессора. Первым русским профессором физики Московского университета был *Даниил Васильевич Савич* (?–1763), который получил образование в Киевской духовной академии, а обучаясь за границей, в т. ч. в Виттенбергском университете у известного ученого И.Ф. Вейдлера, получил ученую степень магистра и в совершенстве овладел французским и немецким языками. Д.В. Савич читал лекции по всем разделам физики и физической географии, он же является орга-

¹ Развитие физики в России. (Очерки). В 2 т. Т. 1. – М.: Просвещение, 1970. – 415 с. – С. 90.

² Там же. – С. 93.

низатором первого физического кабинета, создаваемого при активной помощи Петербургской академии наук. Интересно, что голландский физик Питер ван Мушенбрек намеревался продать в Россию коллекцию приборов своего частного физического кабинета, считавшегося лучшим в Европе, однако в покупке было отказано за недостатком средств. После назначения Д.В. Савича директором первой провинциальной гимназии, открытой в Казани в 1761 г., постепенно университет оказался в руках иностранцев. Например, в течение тридцати последующих лет на очень низком уровне читал лекции по физике приглашенный адъюнкт Геттингенского университета Иоганн Рост (1726–1791). Преподавание велось по учебникам, написанным на латинском и др. иностранных языках. Научно-исследовательской работой в области физики никто в университете не занимался, физический кабинет оказался в запущенном состоянии.

Вывести физику в Московском университете из этого состояния удалось в конце XVIII – начале XIX вв. видному русскому физику *Петру Ивановичу Страхову* (1757–1813). В 1791 г. была создана кафедра опытной физики, которую он и возглавил, имея за плечами заграничную научную командировку, опыт работы инспектором университетских гимназий и звание ординарного профессора. В основу своих лекций по экспериментальной физике, которые впервые в университете читались на русском языке, П.И. Страхов положил лучшее к тому времени руководство по физике – трехтомный учебник французского физика М.Д. Бриссона. Позднее (1800–1803) Страхов сделал перевод этого обстоятельного учебника, кроме того, написал свой учебник – «Краткое начертание физики» (1810), который был доступен широкому кругу читателей и долгое время служил учебным пособием для русских университетов. Страхов значительно переоборудовал физический кабинет и пополнил новыми приборами. Благодаря усилиям ученого физический кабинет был превращен в первую физическую лабораторию Московского университета, в которой проводились первые научные исследования в области физики и метеорологии. Страхов положил начало экспериментальным исследованиям по физике в Московском университете: впервые в России он провел опыты, доказывающие электропроводность воды и влажной земли (1806), а также организовал с 1809 г. систематические метеорологические наблюдения, публиковавшиеся им в «Московских ведомостях»¹. Будучи ректором университета в 1805–1807 гг.,

¹ Андреев А.Ю., Левшин Л.В. Страхов Петр Иванович (1757–1813) / <http://www.phys.msu.ru/about/history/RECTORS-MSU/>

он провел большую работу по улучшению условий учебной и научной работы, реорганизовал работу университетской типографии, обеспечив возможность издания трудов профессоров и преподавателей университета, а за счет средств типографии ему удалось сохранить гимназию при университете.

Вторжение армии Наполеона в Москву в 1812 г. привело к разгрому Московского университета и его материальной базы. Большая роль в возобновлении преподавания физики и научно-исследовательской работы в области естествознания принадлежит *Ивану Алексеевичу Двигубскому* (1771–1839), который с 1813 по 1827 г. занимал кафедру физики университета, с 1818 по 1826 г. был деканом физико-математического отделения, а с 1826 по 1833 г. трижды избирался на пост ректора университета. После войны он сосредоточил свое внимание на организации преподавания физики и восстановлении физического кабинета, преобразуя его впоследствии в учебную и научную физическую лабораторию¹, с помощью приборов которой были возобновлены метеорологические наблюдения. В 1814 г. им был выпущен учебник «Физика» для студентов университета. В 1820 г. И.А. Двигубский добился издания нового научного журнала – «Новый магазин естественной истории, физики, химии и сведений экономических», который издавался до 1930 г. и сыграл важную роль в распространении науки в России, а за 11 лет вышло в свет 132 номера в 133 книгах. В оказании конкретной научной помощи Двигубскому при подготовке к изданию этого журнала большая роль принадлежала выпускнику Казанского университета *Дмитрию Матвеевичу Перевощикову* (1788–1880). В этом журнале и Перевощиковым, и Двигубским было опубликовано большое количество собственных научных работ. Д.М. Перевощиков в течение многих лет читал лекции по физике, аналитической механике, создал ряд оригинальных университетских учебных пособий по физико-математическим дисциплинам, в том числе под редакцией И.А. Двигубского издал учебник «Руководство к опытной физике», который, несмотря на название, фактически был первым русским оригинальным учебником теоретической физики. Помимо того, что Перевощиков был деканом физико-математического отделения (1833–1848), ректором университета (1848–1850), он руководил созданием и работой университетской астрономической обсерватории (1831–1851)². С 1839 по 1859 г. в Московском универси-

¹ Кононков А.Ф. История физики в Московском университете. 1755–1859. – М.: Изд-во МГУ, 1955. – С. 55 и 253.

² Бугаевский А.В., Менцин Ю.Л. Создатель первой обсерватории Московс-

тете работал ученик А.Я. Купфера и Э.Х. Ленца *Михаил Федорович Стасский* (1809–1859), который не только поднял на более высокий уровень преподавание экспериментальной физики, но и впервые организовал преподавание теоретической физики, а также развернул значительную научно-исследовательскую работу в области метеорологии. Он привлекал студентов к самостоятельной научно-исследовательской работе. Это способствовало тому, что из среды его учеников выдвинулись такие крупные ученые, как А.Г. Столетов, И.М. Сеченов, Ф.А. Бредихин и многие другие.

К середине XIX в. в России началось быстрое развитие капитализма, культивировавшее новое, буржуазное отношение к науке, а в мировой физике начался переворот, создавший классическую физику второй половины XIX в., который серьезно повлиял на развитие физики в России, в том числе в Московском университете. В этом перевороте приняли участие А.Г. Столетов, П.Н. Лебедев, Н.А. Умов и другие корифеи физики.

Первым физиком Московского университета, получившим научные результаты мирового значения, стал *Александр Григорьевич Столетов* (1839–1896). После окончания физико-математического факультета Московского университета (1860) он был оставлен на кафедре физики для подготовки к профессорскому званию, а в 1862–1864 гг. стажировался за границей и совершенствовал знания у Г. Магнуса, Г. Кирхгофа и В. Вебера. После возвращения из заграничной командировки работал в Московском университете. Его научные работы были посвящены: электромагнетизму, оптике, молекулярной физике, философским вопросам науки. Столетов впервые получил кривую зависимости магнитной проницаемости ферромагнетика от магнитного поля (кривая Столетова). В 1888–1890 гг. он выполнил основополагающие работы по исследованию внешнего фотоэффекта. Кроме того, Столетов изучал несамостоятельный газовый разряд, критическое состояние вещества и др. В 1872 г. он основывает первую в России университетскую научную и учебную физическую лабораторию, ставшую местом студенческих упражнений и центром исследований учеников А.Г. Столетова. Среди них были *Н.А. Умов, Г.Б. Фишер, Н.Е. Жуковский, П.А. Зилев, А.В. Цингер, Ф.А. Слудский, Ф.А. Бредихин*. Так возникла физическая школа Московского университета, из которой вышли многие известные русские физики.

кого университета: (К 200-летию со дня рождения Д.М. Перевощикова) // Земля и Вселенная. – 1988. – № 4. – С. 27–32.

Некоторым аналогом физического общества в Москве в эти годы была соответствующая секция *Общества любителей естествознания*, председателем которой в 1881 г. был выбран А.Г. Столетов. С 1884 г. под его редакцией начался выпуск «Трудов физического отделения Общества любителей естествознания»¹.

Для XIX в. было характерно значительное развитие математической физики, а одним из крупнейших представителей математической физики был ученик Столетова *Николай Алексеевич Умов* (1846–1915). С 1896 г. после смерти А.Г. Столетова он возглавлял кафедру физики. Основные работы ученого были посвящены теории колебательных процессов, электричеству, оптике, земному магнетизму, молекулярной физике. Он первым утвердил в науке представление о движении энергии (1874 г., докторская диссертация «Уравнение движения энергии в телах»), решил задачу о распределении электрических токов на поверхности любого типа (1875), раскрыл физический смысл формул Гаусса в теории земного магнетизма. Одним из первых Столетов понял и оценил значение теории относительности. В 1903 г. под его руководством при Московском университете был открыт Физический институт. В Московском университете сделал свои величайшие экспериментальные открытия П.Н. Лебедев, основатель первой международной физической школы.

Датой образования **Санкт-Петербургского университета** считается 28 января 1724 г. – дата издания Петром I указа об учреждении в России Петербургской академии наук с состоящими при ней учебными заведениями – гимназией и университетом. Университет должен был готовить кадры для научных учреждений, средних и высших учебных заведений, распространять знания среди населения чтением публичных лекций. В первые годы в нем не было ни факультетов, ни кафедр; обучение велось по классам. В 1-м классе были все науки математические, во 2-м – физические, в 3-м – гуманитарные, исторические и юридические. Для лучшей подготовки специалистов были созданы библиотека и «натуральных вещей камора». Уже в первые годы своего существования Петербургская академия наук вместе с университетом и гимназией приобрела известность как центр подготовки ученых. Студенты и выпускники академического университета участвовали в научных исследованиях, проводившихся учеными академии. Среди выпускников университета и членов академии учился и работал такой выдающийся ученый,

¹ Визгин В.П. Физика в Москве / В.П. Визгин; Отв. ред. В.М. Орел // Москва научная. – М.: Янус-К, 1997. – С. 190.

как М.В. Ломоносов, который добился того, чтобы читать лекции по физике на русском языке, а не на немецком или латыни, как это было принято длительное время. Во время обучения в Маргбургском университете на М.В. Ломоносова большое впечатление произвел труд Христиана Вольфа «Экспериментальная физика». В 1746 г. М.В. Ломоносов осуществил его творческий перевод под названием «Вольфианская экспериментальная физика», которая служила учебным пособием по физике более 40 лет. В ней отразились идеи М.В. Ломоносова о необходимости сочетания физического эксперимента и теории. Первый курс физики в гимназии преподавал академик Г.В. Крафт. Он написал первый учебник физики «в пользу российского юношества» на латинском языке, затем учебник был переведен на русский язык. У профессора физики Г.В. Крафта учился и состоял его помощником «по физическому департаменту» Георг Рихман, который впоследствии, помимо своих исследований по теплоте и электричеству, вел преподавательскую деятельность в университете, оборудовав в физическом кабинете специальную темную камеру, удобную для физических опытов¹. М.В. Ломоносов для чтения лекций получал физические приборы из физического кабинета Г.В. Рихмана. Однако университетские учебные здания были разбросаны по всему городу, а часть из них была арендованной. К тому же не была проведена инаугурация, и по западноевропейским меркам в этом случае не было и университета.

К концу XVIII в. в стране ощущается необходимость реформы народного образования. По указу Екатерины II в 1783 г. в Санкт-Петербурге было основано Главное народное училище и при нем Учительская семинария, которая должна была готовить преподавателей высших учебных заведений страны. В 1803 г. Учительская семинария была преобразована в гимназию, а в 1804 г. гимназия переименована в Педагогический институт. В институте было образовано 10 кафедр. В таком виде институт просуществовал 12 лет и в 1816 г. был переименован в Главный педагогический институт. Это учебное заведение включало три факультета: философских и юридических, физических и математических, исторических и словесных наук. 8 февраля 1819 г. был утвержден приказ о преобразовании Главного педагогического института в Санкт-Петербургский университет. С тех пор день 8 февраля в течение многих лет отмечался как день основания Санкт-Петербургского университета.

¹ См. об этом на сайте Санкт-Петербургского университета (http://www.spbu.ru/History/275/Chronicle/pu/Persons/L_omonosov.html и http://www.spbu.ru/History/275/Chronicle/pu/hist_info.html)

И только в 1998 г. историки после глубоких исследований и многочисленных диспутов пришли к мнению – считать датой образования Санкт-Петербургского университета 24 января 1724 года¹. В 1828 г. Главный педагогический институт был восстановлен, а в 1859 закрыт, студенты переведены в университет². Состав профессуры естественно-математического факультета института был блестящим, математику читал Остроградский, физику – Э.Х. Ленц, химию – Воскресенский, все – крупнейшие ученые того времени. Знаменитым выпускником педагогического института был Д.И. Менделеев.

С началом 30-х годов XIX в. связан новый период развития физики в Петербурге. Одним из ведущих физиков этого периода выступил *Эмиллий Христианович Ленц* (1804–1865), ученик академика Егора Ивановича Паррота (1762–1852), заведовавшего физической лабораторией академии³. С 1935 г. и до конца жизни Э.Х. Ленц возглавлял кафедру физики в Петербургском университете, с 1840 по 1862 г. был деканом физико-математического факультета, с 1863 г. -- выборным ректором университета. Для преподавания физики в средних учебных заведениях Э.Х. Ленц составил «Руководство по физике для русских гимназий», выдержавшее 11 изданий, и «Руководство по физике для военно-учебных заведений»⁴. Большой заслугой ученого является создание в Петербурге первой в России школы физиков. Учениками Э.Х. Ленца были профессора Петербургского университета Ф.Ф. Петрушевский и П.П. Фандер-Флит; Казанского университета – А.С. Савельев и Н.П. Слугинов; Киевского университета – М.П. Авенариус и М.И. Тальзин и многие другие. Все они в большинстве продолжали исследования по электромагнетизму, то есть занимались в той области физики, которой занимался и их учитель и в которой он добился мирового признания. Главные результаты его исследований излагаются во всех учебниках физики: закон индукции («Закон Ленца», 1883), «закон Джоуля и Ленца» (1844) и др. Его ученик Ф.Ф. Петрушевский провел (1853) важное для

¹ Соболев Г.Л., Тихонов И.Л., Тишкин Г.А. 275 лет. Санкт-Петербургский университет. Летопись 1724–1999. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. – 422 с.

² Марголис Ю.Д., Тишкин Г.А. Единим вдохновением: Очерки истории университетского образования в Петербурге в конце XVIII – первой половине XIX вв. – СПб., 2000. – С. 210–218.

³ На базе этой лаборатории в 1920 г. образовался Физико-математический институт.

⁴ Развитие физики в России. (Очерки). В 2 т. Т. 1. – М.: Просвещение, 1970. – 415 с. – С. 122.

тех лет сравнение электродвижущих сил и внутреннего сопротивления гальванических элементов в зависимости от температуры, концентрации растворов и других факторов. В своих исследованиях он развил работы Э.Х. Ленца и Б.С. Якоби. Ему принадлежит один из первых систематических курсов по электромагнетизму – «Экспериментальный и практический курс электричества, магнетизма и гальванизма» (1876).

С конца 60-х годов XIX в. при Петербургском университете возникают *научные общества*. В 1868 г. было образовано Общество естествоиспытателей; в 1869 г. – Русское химическое общество, созданное при деятельном участии Д.И. Менделеева и переименованное по его инициативе в 1878 г. в Русское физико-химическое общество. Одним из инициаторов организации Русского физического общества и его первым председателем (с 1872 г.) был Ф.Ф. Петрушевский, а после слияния этого общества с химическим он оставался до 1901 г. бессменным председателем физического отделения Русского физико-химического общества.

Справедливости ради нужно заметить, что физикой в Петербурге занимались не только ученые Санкт-Петербургского университета. Многие были членами Петербургской академии и преподавали в других высших учебных заведениях. Работая профессором в Медико-хирургической академии, в крупного физика-экспериментатора и талантливого организатора лучшего в России физического кабинета начала XIX в. вырастает *Василий Владимирович Петров* (1761–1834), который первым в мировой науке детально изучил явления люминесценции, впервые открыл электрическую дугу и указал на возможность ее применения для целей освещения. С его деятельностью в первой четверти XIX в. была связана также организация метеорологических наблюдений в Петербурге и в других городах России. Один из основоположников сейсмологии, физик Б.Б. Голицын (1862–1916) преподает физику и сейсмометрию в Николаевской морской академии, Женском медицинском институте, на Высших женских бестужевских курсах. Выпускник и впоследствии профессор Петербургского университета Иван Иванович Боргман (1849–1914), известный исследователь электрических и магнитных явлений, одновременно преподавал в Технологическом и Электротехническом институтах и на Высших женских курсах. И.И. Боргман был главой петербургских физиков и воспитал немало известных ученых (Д.С. Рождественский, М.М. Глаголев, В.К. Лебединский, В.Ф. Миткевич, Л.В. Мысовский, Б.Л. Розинг, Д.А. Рожанский, Д.В. Скобельцын и др.). Совместно с Ф.Ф. Петрушевским И.И. Боргман являлся создателем Физического института при Петербургском университете. В 1895 г. в стенах уни-

верситета его выпускник А.С. Попов продемонстрировал первый в мире радиотелеграф.

Таким образом, физики Московского и Петербургского университетов внесли серьезный вклад в развитие физической науки, существенно обогатив ее целым рядом новых идей, новых методов исследования и многими важными открытиями. Однако в течение почти 50 лет после открытия Московского университета они оставались единственными центрами – поставщиками научных кадров. Только в начале XIX в. университеты стали открываться целыми сериями: 1802 г. – Дерптский, 1803 г. – Виленский, 1804 г. – Казанский, 1805 г. – Харьковский, 1816 г. – Варшавский. Из них Дерптский, Виленский и Варшавский были иноязычными (в Дерпте – немецкий, в Вильне и Варшаве – польские, причем оба в связи с восстанием 1830 г. были закрыты)¹.

Первым «русскоязычным» университетом, открытым в российской провинции, стал **Казанский университет**, основанный в 1804 г. Однако до 1814 г. он представлял собой отделение Казанской гимназии. В составе университета было четыре факультета (отделения), а список кафедр физико-математического отделения открывала кафедра теоретической и опытной физики. В XIX в. работа кафедры физики в основном определялась деятельностью их заведующих². Первым преподавателем физики в Казанском университете стал Иван Ипатович Запольский (1778–1810), который поставил преподавание этой дисциплины на достаточно высокий уровень³. Хотя он не проводил собственных научных исследований в области физики, однако к числу его заслуг можно отнести организацию метеорологических наблюдений в Казанском учебном округе. Среди его учеников – Н.И. Лобачевский, И.М. Симонов, академик Д.М. Перовищников⁴. Запольский также являлся инициатором создания первого периодического издания в Казани – «Казанских ведомостей».

В 1819 г. кафедрой руководил **Николай Иванович Лобачевский** (1792–1856). С небольшим перерывом он оставался заведующим кафедрой теоретической и опытной физики до 1833 г., подняв преподавание

¹ Кравец Т.П. Роль университетов и других высших школ в развитии отечественной науки // От Ньютона до Вавилова. Очерки и воспоминания. – М.: Наука, 1967. – С. 227.

² История физики и астрономии в Казанском университете за 200 лет. – 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. А.В. Аганов, М.Х. Салахов; сост., ред. Н.С. Альшулер. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2007. – С. 13.

³ Указ. соч. – С. 18.

⁴ Казанский университет. 1804–1979. (Очерки истории) / Отв. ред. М.Т. Нуржин. – Изд-во Казанск. ун-та, 1979. – С. 46.

физики в Казанском университете на высоту современных для того времени научных открытий. Будучи известным ученым-геометром, он проявил себя как талантливый исследователь и в других разделах физико-математических наук. Им были заложены научные основы преподавания механики и создан курс математической физики. Лобачевский читал лекции по данным дисциплинам в соответствии с составленными им планами и программами. Лобачевский впервые использовал математический аппарат для описания физических явлений, в частности, по его инициативе в Казанском университете впервые начали проводиться исследования по математической теории электростатики. Курс математической физики, построенный Н.И. Лобачевским на основе глубокого изучения работ Ж.Б. Био, П.С. Лапласа, Ж.Б.Ж. Фурье, О.Ж. Френеля, Ж.Л. Лагранжа и других ученых, представляет собой стройную, последовательную систему преподавания этого предмета, чрезвычайно передовую для своего времени и во многом предвосхитившую пути развития математической физики. Чтение лекций по механике Лобачевским по времени совпало с созданием им неевклидовой геометрии, и в своей работе «О началах геометрии» он задавался вопросом: «какого рода времена произойдет от введения воображаемой геометрии в механику»¹. Лобачевский принимал также активное участие в метеорологических исследованиях. Будучи руководителем кафедры, а впоследствии ректором университета, активно занимался оснащением физического кабинета, а также созданием механической мастерской, в которую из Мюнхена на должность механика был приглашен Ф. Ней. В первой половине XIX в. механическая мастерская Казанского университета была лучшей в России, она делала приборы высокого качества не только для своего университета, но и выполняла заказы Московского, Харьковского университетов, изготовляла приборы для гимназий Казанского учебного округа и метеорологических пунктов.

В 1823 г. на кафедру физики был приглашен специалист по кристаллографии и минералогии *Адольф Яковлевич Купфер* (1799–1865). Это был крупный и разносторонний ученый, впоследствии (после отъезда из Казани в 1828 г.) – строитель и первый директор Главной физической обсерватории, организатор всей российской системы метеорологии, основатель и первый директор палаты мер и весов². Он продолжил зани-

¹ Цит. по: История физики и астрономии в Казанском университете за 200 лет. – 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. А.В. Аганов, М.Х. Салахов; сост., ред. Н.С. Альтшулер. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2007. – 498 с. – С. 29.

² Пассецкий В.М. Адольф Яковлевич Купфер, 1799–1865. – М.: Наука, 1984. – 207 с.

маться оборудованием физического кабинета, для которого были выделены дополнительные средства и площади. При нем было начато строительство здания для метеорологической обсерватории, организованы научные экспедиции для магнитных наблюдений по Астраханской губернии (1826), геомагнитных исследований по Уралу¹ и Казанской губернии (1828). Дальнейшие работы А.Я. Купфера касались главным образом кристаллографии и метеорологии.

С 1832 г. по рекомендации А. Гумбольдта на заведование кафедрой был приглашен доктор философии и магистр свободных наук Берлинского университета *Эрнест Августович Кнорр*² (1805–1879). Под его руководством в 1938 г. в университетском дворе было построено специальное двухэтажное здание для физического кабинета, на крыше которого была устроена метеорологическая обсерватория с самопишущим термометром собственного изобретения Кнорра. Физический кабинет, по свидетельству Кнорра, уступал лишь «парижскому в Collège de France и кабинету Венского университета»³. Научные интересы Э.А. Кнорра лежали в основном в области метеорологии. Ему принадлежит заслуга научной организации метеорологических наблюдений в Казанском учебном округе, а обработка и обобщение результатов своих наблюдений позволили детально описать климат Казани.

Талантливым физиком-экспериментатором зарекомендовал себя ученик и помощник известного ученого Э.Х. Ленца *Александр Степанович Савельев* (1820–1860), плодотворно изучавший электропроводность водных растворов, который возглавил кафедру физики и физической географии в 1846 г. Большую ценность имеют его экспериментальные работы по электрохимии, например, магистерская диссертация «О явлении поляризации в гальванической цепи» (1845), ставшая значительным вкладом в науку. Савельев продолжал исследовать физические свойства электролитов до 1852 г., когда он закончил докторскую диссертацию «О гальванической проводимости жидкостей», удостоенную Демидовской премии. Интересовало Савельева и электрическое

¹ Купфер А.Я. Путешествие на Урал / А.Я. Купфер // Урал. старина: Лит.-краеведч. зап. – Екатеринбург, 1996. – Вып. 2. – С. 75–83.

² Немецкие ученые – профессора Казанского университета / Авт.-сост.: В.Г. Диц, А.В. Гарзавина, И.А. Новикова. – Казань: Немецкий дом Республики Татарстан, 2004. – 178 с.

³ Цит. по: История физики и астрономии в Казанском университете за 200 лет. – 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. А.В. Аганов, М.Х. Салахов; сост., ред. Н.С. Альшулер. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2007. – 498 с. – С. 43.

освещение. В 1853 г., задолго до появления «свечей Яблочкова», он провел удачный опыт по освещению университетского двора с помощью дуговой лампы, установленной на крыше физического кабинета. В своей статье «Опыт гальванического освещения двора Казанского университета» Савельев писал о цели своих экспериментов: «осветить город» и «определить достоинство различным образом подготовленных углей»¹. В Казанском университете он поставил преподавание физики и метеорологии на высокий научный уровень, руководствуясь примером своего учителя Э.Х. Ленца. Особой его заслугой стало введение лабораторных занятий для студентов с 1852 г., задолго до введения физических практикумов в Московском (1865), Петербургском (1873), европейских университетах (с 1860-х)².

В 1855 г. кафедру физики и физической географии возглавил *Иосиф Антонович Больцани* (1818–1876), при котором был существенно увеличен физический практикум, а также введены самостоятельные экспериментальные занятия для инициативных студентов. Докторская диссертация его по физике – «Об электролизе солей», – защищенная в Санкт-Петербурге, осталась ненапечатанной. В неоднократных зарубежных поездках он ознакомился с постановкой исследований в метеорологических обсерваториях европейских государств, приобретал новые приборы для физического кабинета, устанавливая личные контакты с видными учеными. И.А. Больцани увлекался конструированием новых метеорологических приборов и был одним из первых российских исследователей состояния свободной атмосферы при помощи привязного аэростата. В 1869–1870 гг. с помощью построенного им аэростата И.А. Больцани проводил измерения давления, температуры и влажности на разных высотах. О своих научных результатах он доложил на Втором съезде русских естествоиспытателей и врачей в 1869 г.³ В физическом кабинете можно было проводить как занятия практикума, так и исследования, так как ко второй половине 1870-х гг. он был достаточно хорошо оснащен материалами и оборудованием, что могло стать основой для экспериментальной научно-исследовательской работы последователями И.А. Больцани⁴.

¹ Казанский университет. 1804–1979. (Очерки истории) / Отв. ред. М.Т. Нуржигин. – Изд-во Казанск. ун-та, 1979. – С. 46.

² Развитие физики в России. (Очерки). В 2 т. – М.: Просвещение, 1970.

³ История физики и астрономии в Казанском университете за 200 лет. – 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. А.В. Аганов, М.Х. Салахов; сост., ред. Н.С. Альшулер. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2007. – С. 55.

⁴ Указ. соч. – С. 56.

Нужно заметить, ученые и выпускники Казанского университета внесли важный вклад в создание и развитие учения о земном магнетизме. Экспериментальные магнитные наблюдения проводились на базе магнито-метеорологической обсерватории, функционировавшей при кафедре физики. Родоначальником и одним из основоположников учения о земном магнетизме в Казанском университете был Иван Михайлович Симонов (1794–1855), участник экспедиции Беллинсгаузена-Лазарева в 1819–1821 гг., открывшей Антарктиду¹. Большая роль в проведении обширных геофизических исследований в Казанском университете в 1870-е гг. принадлежит Ивану Николаевичу Смирнову (1835–1880). Он собрал обширный материал во время магнитных съемок в Поволжье и Приуралье, европейской части России и на Кавказе, в 1874 г. подтвердил наличие Курской магнитной аномалии. Кроме того, И.Н. Смирнов внес существенный вклад в науку о физических явлениях в атмосфере – метеорологию. Он открыл явление изменения температуры при циклических бурях, что легло в основу современной синоптики и климатологии.

С 1878 г. кафедру физики и физической географии возглавил выпускник Московского университета, ученик А.Г. Столетова *Роберт Андреевич Колли* (1845–1891), который внес большой вклад в учение об электричестве. В 1881 г. он был в научной командировке в Берлине, где в университете посещал лекции Г. Кирхгофа по математической физике и вел исследовательскую работу в Физическом институте под руководством Г. Гельмгольца. Его исследования были посвящены изучению характера движения ионов в электролитах, в результате были обнаружены эффекты, вызываемые инертностью носителей электричества в электролитах. Р.А. Колли исследовал работу тока при электролизе, явления поляризации в электролитах. Позднее ученый заинтересовался изучением разряда конденсаторов и применением метода электромагнитных колебаний для измерения некоторых физических констант. В 1885 г. Колли сконструировал осциллометр – прообраз современного осциллографа.

Большой вклад в развитие физики в Казанском университете внес выпускник Московского университета *Георгий Николаевич Шебуев* (1850–1900), приглашенный Р.А. Колли на кафедру физики. Он запи-

¹ Боронин В.П. Страницы истории отечественной геофизики // Геофизический вестник. – 1999. – № 6. – С. 14; Ступинин А.В., Фазлуллин Г.В. Открытия и исследования русских в I Антарктической экспедиции. 1819–1821 гг. // Учен. записки Казанск. ун-та. – 1953. – Т. 113, кн. 2.

мался разработкой ряда вопросов теоретической оптики (рассматривал распространение световых колебаний в прозрачных средах, законы преломления поляризованных лучей, некоторые вопросы дисперсии света), а также провел ряд самостоятельных исследований по различным вопросам физики, геодезии и механики.

После отъезда Р.А. Колли в 1886 г. в Москву на должность заведующего кафедрой физики Казанского университета был приглашен выпускник Петербургского университета *Николай Петрович Слугинов* (1854–1897). Он был рекомендован на эту должность научным руководителем – заведующим кафедрой физики Петербургского университета Ф.Ф. Петрушевским. Уже в конце 70-х годов он заметил и исследовал явление электрического свечения. В магистерской диссертации «Теория электролитов» (1881) он описал ряд новых явлений, в частности, нашел способ покрывать алюминий непрерывным слоем кристаллизованного глинозема, имеющего твердость корунда, что открывало путь широкому техническому применению алюминия. В 1887 г. создал диффузионный гигрометр, проводил опыты с токами большой частоты и анализировал действие этих токов, в результате предложил конструкцию трансформатора высокой частоты. Под руководством Н.П. Слугинова были построены магнитная и метеорологическая обсерватории, каких не имел ни один из университетов России¹. В 1889 г. он, как и многие его предшественники, был командирован за границу с «ученой целью».

На 90-е годы и начало XX века приходится деятельность видного русского физика *Дмитрия Александровича Гольдгаммера* (1860–1922), ученика А.Г. Столетова. Основные труды ученого – по метеорологии, электромагнитной теории света (главным образом распространению света, его дисперсии и абсорбции). Широкую популярность завоевали монографии Гольдгаммера «Естественное вращение плоскости поляризации света», «О давлении световых лучей», «Опыт теории дисперсии и абсорбции света» (была переведена на немецкий язык). Большой интерес вызвали его исследования по изменению электропроводности вещества при намагничивании («эффект Гольдгаммера»). Гольдгаммер был первым в России исследователем электромагнитной теории света, одним из первых он также принял квантовые представления. Много сил уделял Гольдгаммер и организации метеорологической сети востока России, возникшей по его инициативе и объединявшей 96 метеостанций. С 1895 г. при его участии стали выходить «Труды Восточной ме-

¹ Казанский университет. 1804–1979. (Очерки истории) / Отв. ред. М.Т. Нужин. – Изд-во Казанск. ун-та, 1979. – 304 с. – С. 47.

теорологической сети», издававшиеся ежегодно, а с 1897 г. – «Ежемесячный бюллетень сети Востока России».

Одним из ученых, внесших значительный вклад в развитие физики, был *Всеволод Александрович Ульянин* (1863–1931). Его студенческие годы прошли в Баварском (г. Мюнхен) и Страсбургском университетах – крупнейших европейских научных центрах того времени. Он первым детально изучил внутренний фотоэффект, установил основные его закономерности. За эти исследования в 1888 г. Страсбургский университет присвоил Ульянину степень доктора философии. В 1894–1896 гг. он находился в заграничной командировке и занимался исследованиями некоторых оптических явлений, которые впоследствии были представлены им в магистерской диссертации. В 1897 г. В.А. Ульянин назначается приват-доцентом по кафедре физики и физической географии Казанского университета для преподавания земного магнетизма, метеорологии и физики, а с 1906 г. он – ординарный, т. е. полный, профессор кафедры физики и геофизики. Ульянин был талантливым ученым и экспериментатором. В двадцатых годах он провел очень интересные эксперименты по конструированию катодных ламп. При этом использовал электронную лампу в качестве выпрямителя тока задолго до других конструкторов. Им разработан электрический магнетометр для измерения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли. Всеволод Александрович – инициатор создания Казанской загородной магнитной обсерватории вблизи станции Займище.

Из приведенных сведений следует, что ученые Казанского университета, наряду с физиками столичных университетов, внесли в XIX в. серьезный вклад в развитие как российской, так и мировой физической науки, особенно в области земного магнетизма и метеорологии.

В начале XIX в. стали возникать университеты и в других городах России, но научные исследования в них развивались учеными-одиночками. Так, в 1805 г. открылся университет в Харькове, развитие физики в котором тормозилось, как и в Казанском университете, недостатком площадей, отсутствием оборудования физического кабинета, лабораторий. С Харьковским университетом в XIX в. связывают несколько имен физиков, оставивших след в науке: В.И. Лапшин (метеорология, волновая теория света), Н.Д. Пяльчиков (земной магнетизм, электролиз). С Киевским университетом, открытым в 1834 г., связаны научная и педагогическая деятельность таких ученых-физиков, как Э.А. Кнопп, М.П. Авенариус, Н.Н. Шиллер, И.И. Косоногов, которые уже в XIX в. получили мировую известность. Э.А. Кнопп, еще работая в Казанском универси-

тете, привел в образцовое состояние физический кабинет, занимался налаживанием метеорологических наблюдений в Казанском учебном округе. В Киевском университете, помимо преподавательской деятельности, он также занимался налаживанием работы физического кабинета, под его руководством была построена метеорологическая обсерватория. В Киеве он продолжил исследования в области метеорологии. Создателем Киевской научной школы физиков считается Михаил Петрович Авенариус (1835–1895). После окончания Петербургского университета он с 1865 г. занимал кафедру физики и физической географии Киевского университета. При нем были созданы не только учебные физические лаборатории, но и одна из первых в России физических научных лабораторий. Здесь под руководством М.П. Авенариуса преподаватели и студенты проводили самостоятельные научные исследования¹. Объединенные общей проблемой (критическое состояние вещества), лабораторией и единым научным руководителем (М.П. Авенариус), учителя физики и математики, сотрудники кафедры физики Киевского университета в 70-х гг. XIX в. образовали киевскую экспериментальную научную школу. Этой школе принадлежали ученики Авенариуса А.И. Надеждин, О.Э. Страус и др. Большую роль в налаживании и развитии научных исследований в области электромагнетизма, метеорологических и климатологических исследований сыграл питомец Московского университета, ученик А.Г. Столетова Николай Николаевич Шиллер (1848–1895), который создал сеть метеорологических станций в Киевском учебном округе. Киевская школа экспериментальной физики в своей деятельности была тесно связана с Казанским университетом.

Заметную роль в развитии культуры и образования в Прибалтике, а также в улучшении подготовки кадров для учебных заведений России сыграл Дерптский университет. Он был основан в г. Дерпте (Тарту) шведским королем Густавом II Адольфом на территории Ливонии. В XVIII веке, после русского завоевания Эстляндии, не действовал, но был вновь открыт Александром I в 1802 г. уже как чисто немецкий университет на территории Российской империи. В университете успешно развивал физику первый ректор и первый заведующий кафедрой физики Георг Фридрих Паррот (1767–1852), создавший прочные основы для создания физического кабинета. Он подготовил немало способных ученых для работы в других университетах (А.Я. Купфер, Э.Х. Ленц). Здесь развивал свои исследования по метеорологии автор популярного «Учеб-

¹ Развитие физики в России. (Очерки). В 2 т. Т. I. – М.: Просвещение, 1970. – 415 с. – С. 206.

ника метеорологии» Фридрих Людвиг Кемтц (1809–1877). С Дерптским университетом связаны имена профессоров Б.С. Якоби, Б.Б. Голицына, перешедших впоследствии из университета в Петербургскую академию наук.

Таким образом, в XVIII–XIX вв. физика получает новый импульс развития в связи с тем, что именно в этот период происходит бурный рост промышленного производства, обусловивший развитие физики в Западной Европе. Данный процесс затрагивает и развитие физики в России, несмотря на определенную ее экономическую отсталость. Именно в это время становится заметным вклад российских ученых в развитие физики. Однако в период становления и расцвета деятельности российских университетов в XVIII–XIX вв. ведущие специалисты в области физики и других точных наук в основном приглашались со стороны, даже из-за границы, что объяснялось жесточайшим дефицитом кадров. Как правило, это были ученики или последователи прославленных ученых. К концу XIX в., в период, когда формировались интернациональные физические школы (Г.Л. Гельмгольца, А. Кундта, Г.П. Кирхгофа), ряд ученых российских университетов стали их представителями. Этому способствовали и заграничные командировки «с ученой целью», которые организовывались Министерством народного просвещения и практиковались в университетах с середины XIX в. Все это послужило основой для возникновения собственной научной школы физиков Московского университета, которая начала формироваться во второй половине XIX в. Научная школа физиков Казанского университета начала формироваться в 20-е годы XX в. и окончательно сложилась в середине XX в.

Помимо исследовательской работы, российские ученые-физики придавали большое значение подготовке национальных кадров, в которых остро нуждались и сфера образования, и экономические отрасли. С этой целью ими переводились передовые зарубежные учебные пособия, разрабатывались учебные курсы, руководства, учебники, отражавшие современные достижения физики. Практически во всех университетах очень большое внимание уделялось демонстрационному физическому эксперименту, и для его совершенствования создавались и оснащались физические кабинеты. Впоследствии эти кабинеты служили основой как для проведения учебных физических практикумов, которые стали внедряться в учебный процесс в середине XIX в., так и для создания исследовательских физических лабораторий. На базе этих лабораторий были сделаны многие физические открытия, прославившие отечественную науку. Так, к последней четверти XIX в. в российских университетах

были заложены основы для создания научных физических школ, объединенных одним научным руководителем, проблемой, лабораторией. Такие школы были созданы в XIX в. в Киевском (М.П. Авенариус), Московском (П.Н. Лебедев) университетах. К началу же XX в. возникли предпосылки для возникновения научных школ в Петербургском, Казанском университетах, в которых впоследствии были получены научные результаты мирового значения.

1.5. Возникновение физических лабораторий и институтов как новый этап в развитии организационных форм физической науки второй половины XIX – начала XX вв.

В XIX в. наука начала в большей степени влиять на производительные силы, и для освоения новой техники потребовались новые организационные формы. Быстрое расширение научных знаний ставило задачу более узкой специализации, а вместе с тем и сотрудничества ученых-специалистов в различных областях. Кроме того, научные исследования стали нуждаться в большом финансировании на экспериментальные работы, в которых должны были участвовать значительные коллективы. Развитие капитализма и потребности промышленности в грамотных специалистах обуславливают появление новых форм организации научных исследований и образования.

До второй половины XIX в. научные исследования по физике проводились лишь в физических кабинетах при университетах и других вузах, при академиях наук, а также в частных лабораториях отдельных ученых. В прошлом физик в основном работал в одиночку. Приборы обычно покупались на собственные деньги или изготавливались самими учеными. Нередко лабораториями служили частные комнаты. Так, опыты по разложению белого света Ньютон проделал в своей квартире в Кембридже, и физическим прибором ему служила призма, купленная на собственные деньги. Через сто пятьдесят лет в той же обстановке Дж. Стокс проводил свои оптические исследования. Г. Рихман и М.В. Ломоносов исследовали атмосферное электричество с «громовыми машинами», построенными каждым у себя на квартире. Б. Франклин для исследования атмосферного электричества соорудил в своем доме в Филадельфии железный изолированный стержень. Дж. Джоуль свои эксперименты по определению механического эквивалента теплоты проводил дома в Манчестере. Лабораторией Гей-Люссака служило сырое полуподвальное

помещение, большая часть машин и приборов была изготовлена его собственными руками¹. О.-Ж. Френель в селе Матье близ Канна, в доме матери, проводил исследования по дифракции с примитивными приборами и приспособлениями, сделанными для него сельским слесарем. Фуко экспериментировал в своем доме. Лаборатория Royal Institution, где работали Г. Дэви, М. Фарадей и Дж. Тиндаль (1820–1893), открытая в 1803 г., как вспоминал Тиндаль, «плохо вентилировалась, плохо освещалась и была совершенно неподходящей для ежедневной многочасовой работы»². Эта лаборатория в целом не служила целям обучения экспериментальному искусству, вся аппаратура, которая в ней была, служила в основном целям исследователей-одиночек или только лекционными целям. Причем все эти люди не проходили какого-либо курса обучения практической физике, поскольку его тогда и не было. В университетах основное внимание уделялось гуманитарным и математическим наукам, физике отводилось мало места. Так, в Кембриджском университете до 70-х годов из физики читались только оптика, гидростатика, механика. Трипос (экзамен для соискателей ученой степени) включал в себя в основном математические науки. Тем не менее во многих университетах открывались учебные физические кабинеты. Так, в России в каждом университете был физический кабинет, который служил для учебных целей и поначалу слабо снабжался оборудованием, поскольку считалось, что главная задача преподавателя – читать лекции, а занятия наукой – вещь второстепенная и необязательная. Однако многие профессора-энтузиасты уделяли оснащению физических кабинетов много внимания, и они постепенно расширялись, пополнялись новым оборудованием, которое могло уже служить и для исследовательских целей. К этому времени значительно усложнилась физическая теория и эксперимент.

В середине XIX в. бурное развитие промышленности, машиностроения, химической промышленности, металлургии и горного дела, электротехники, теплотехники, строительство железных дорог, возникновение парохозяйства и воздухоплавания стимулировало развитие науки, новых форм ее организации. Все более усиливалась связь науки и техники. С 60-х гг. XIX в. в развитии классической физики начался новый этап, связанный с созданием Дж. Максвеллом теории электромагнит-

¹ Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Т. II, III. – Ижевск: НИЦ «Регулярная хаотическая динамика», 2000. – С. 137.

² Цит. по: Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – 2-е изд., испр. и доп. / П.С. Кудрявцев. – М.: Просвещение, 1982. – С. 214.

ных процессов. Электродинамика явилась первой областью физики, в которой были применены полевые концепции, получившие дальнейшее распространение. Х. Лоренцем была построена электронная теория, в развитие которой внесли вклад также Дж. Дж. Томсон, А. Пуанкаре, Дж. Лармор и др. В итоге была создана электродинамическая картина мира. Кроме того, во второй половине XIX в. было завершено создание термодинамики (Р. Клаузиус, Л. Больцман, Дж. Гиббс), продолжено развитие кинетической теории газов (Дж. Максвелл, Р. Клаузиус, Л. Больцман), возникла статистическая механика, обосновавшая законы термодинамики. В 1869 г. Д.И. Менделеев открыл периодический закон химических элементов, который позволил рассматривать все элементы в их взаимосвязи и прогнозировать свойства неизвестных элементов. В 1885 г. Бальмером была обнаружена закономерность в спектральных линиях водорода, а в 1890 г. Ридбергом предложена формула, описывающая любую спектральную линию химического элемента. Установлены законы теплового излучения (закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина), уравнение состояния реального газа. Созданы важные для дальнейшего развития физики и техники инструменты и устройства: динамо-машина (А. Лачинотти, 1860), аккумулятор (Г. Планте, 1860), лампа накаливания (А.Н. Лодыгин, 1872; Т. Эдисон, 1879), радиометр (У. Крукс, 1873), трансформатор (П.Н. Яблочков, 1876), телефон (А. Белл, 1876), микрофон (Д. Юз, 1878), оптический микроскоп (Э. Аббе, 1878), болометр (С. Ленгли, 1881), фотоэлемент (А.Г. Столетов, 1888), генератор трехфазного тока (М.И. Доливо-Добровольский, 1888), электромагнитный осциллограф (А. Блондель, 1893) и др.¹ В результате в конце XIX в. различные разделы физики представляли собой взаимосвязанную систему, объединенную механикой Ньютона и электродинамикой Максвелла – Лоренца. Своим современникам физика казалась почти завершенной наукой. Правда, ее завершенность большинство ученых XIX в. понимало как возможность сведения всех физических явлений к механике молекул (атомов) и эфира².

Новые задачи, стоящие перед физической наукой, требовали для своего решения все большего числа физиков. В новых условиях необходимо было предусмотреть новые формы и темпы подготовки ученых. Старые образовательные учреждения были не в состоянии выполнить эту роль, перестройка их была необходима. С сороковых годов XIX сто-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 20.

² Пуанкаре А. Эволюция современной физики. – СПб.: Издание товарищества «Знание», 1910. – 184 с.

летия начинают создаваться физические лаборатории как новая форма организации коллективных методов исследования в физике, многие из которых впоследствии служили основой для создания физических институтов. Стремительное развитие промышленности породило острую необходимость во все новых и новых технических идеях и устройствах, а тем самым и в людях, которые могли бы их предложить и осуществить, — в научных работниках и инженерах.

1.5.1. Возникновение физических лабораторий и институтов на Западе

Лидерство в перевооружении физики заняла Германия, которая с 40-х годов переживала национальный и культурный подъем. Из феодальной страны Германия превращалась в капиталистическую империю, разгромившую Австрию и Францию, сплотившую под эгидой Пруссии княжества раздробленной со времен реформации страны. Первая физическая лаборатория в Германии была создана в Геттингенском университете *Вильгельмом Вебером* (1804–1891), который был приглашен туда в 1831 г. К. Гауссом. Вебер привлекал студентов к подготовке лекционных опытов, а наиболее способным предлагал небольшие физические исследования. В 1837 г. Вебер был вынужден покинуть университет, протестуя против нарушения королем Эрнстом-Августом Ганноверской конституции. В 1849 г. В. Вебер возвратился в Геттинген, где вновь начался подъем научно-педагогической деятельности физического отдела университета. В лаборатории В. Вебер проводил работы в области геомагнетизма и гальванизма, электрических колебаний, совместно с Рудольфом Кольраушем (1809–1858) он определил отношение электростатических и магнитных единиц. В лаборатории Вебера работали ученые из различных стран мира. Здесь работал русский физик А.Г. Столетов, английский ученый Артур Шустер (1851–1934) и др. Ученик Вебера профессор Фридрих Кольрауш (1840–1910) создал физический практикум, а опыт своего руководства этим практикумом он обобщил в книге, ставшей первым пособием по практической физике. С его выходом практические занятия по физике начали распространяться по всем университетам и политехническим институтам мира. Вскоре небольшая лаборатория была расширена и превратилась в 1881 г. в Физический институт, который возглавил Карл Рикке (1845–1915). Впоследствии физический институт разросся и дал начало пяти новым подотделам (институты экспериментальной физики, теоретической физики, геофизи-

ки, электротехники, аэро- и гидромеханики, физико-химический институт), в которых работали многие известные ученые, такие как В. Нернст (1864–1941), Э. Вихерт (1861–1928), Ф. Клейн (1849–1925), Дж. Франк (1882–1964) и др., было подготовлено много ученых не только из Германии, но и из других стран мира.

Большую известность в середине XIX в. как в Германии, так и за рубежом получила лаборатория профессора Берлинского университета Генриха Густава Магнуса (1802–1870), созданная им дома в начале 40-х гг. на собственные средства для научной работы практикантов. У Г. Магнуса учились молодые исследователи не только из Германии (Г. Видеман (1826–1899), Э. Варбург (1846–1931), А. Кундт (1839–1894), Р. Клаузиус (1822–1888), Э. Сименс (1816–1892), А. Крёниг (1822–1879)), но и из Америки (Дж. Гиббс (1839–1903)), Англии (Дж. Тиндаль (1820–1893)), России (А.Г. Столетов, М.П. Авенариус), которые впоследствии организовывали новые физические лаборатории для проведения собственных исследований и организации физических школ. Тематика исследований у Магнуса была самой разнообразной. Г. Гельмгольц, например, изучал процессы гниения и брожения; А. Кундт исследовал распространение звука в твердых телах. В 1863 г. лаборатория была переведена в здание университета и стала государственной лабораторией, достигнув своего расцвета при знаменитом преемнике Магнуса – Г. Гельмгольце. В 1874 г. Г. Гельмгольц возглавил вновь созданный при Берлинском университете физический институт, в который приезжали работать физики всего мира. Например, в числе российских физиков, работавших у Гельмгольца и слушавших его лекции, можно указать П.А. Зилова, Р.А. Колли, П.Н. Лебедева, В.А. Михельсона, А.П. Соколова, Н.Н. Шиллера. В 1888 г. основан первый физико-технический институт в Шарлоттенбурге во главе с Г. Гельмгольцем.

В 1834 г. профессор Кенигсбергского университета Франц Эрнст Нейман (1798–1895) стал одним из инициаторов создания в 1834 г. специального физико-математического семинара, ставшего основой Кенигсбергской физико-математической школы, давшей науке ряд блестящих ученых, и возглавил в нем отделение физики. Этот семинар, сочетавший черты учебного заведения и научно-исследовательского учреждения, послужил примером и образцом для подобных семинаров, возникших позже в других немецких университетах. В Кенигсбергском семинаре впервые в высшей школе сформировалась триединая система педагогического процесса: лекция – семинарские занятия – лаборатория. Лабораторные работы проводились Нейманом в маленькой физической

лаборатории в своем доме на принадлежавших ему приборах. В 1847 г. он устроил в своем новом доме большую стационарную физическую лабораторию со всем необходимым оборудованием и приборами. Несмотря на неоднократные попытки, Нейману не удалось добиться создания физической лаборатории в университете, хотя уже в конце своей жизни он стал свидетелем открытия в 1888 году целого физического института¹. Учеников у Ф. Неймана было меньше, чем у Г. Магнуса. Они, прежде чем перейти к экспериментам, проходили большую теоретическую подготовку по механике и математической физике². Среди великих его учеников был Густав Роберт Кирхгоф (1824–1887).

В 1846 г. *Филипп Иоганн фон Жолли* (1809–1884) создал в Гейдельберге первую в Германии университетскую физическую лабораторию³, в которой Г. Кирхгоф и Р. Бунзен (1811–1899) провели исследования, приведшие к открытию спектрального анализа. С помощью этого метода ими были открыты два новых элемента – цезий и рубидий. В 1854 г. эту лабораторию возглавил Г. Кирхгоф. При нем здесь был создан один из лучших курсов экспериментальной физики, привлекавший учеников из различных стран мира. Этот курс расширил преемник Кирхгофа Георг Герман Квинке (1834–1924), возглавивший лабораторию в 1875 г.

В 1872 г. был основан Страсбургский университет, и уже заранее было предусмотрено строительство физического института. Его директор *Август Кундт* (1839–1894) создал очень удобный для обучения и исследования институт, который долго служил прототипом для многих институтов, аудиторий, лабораторий различных стран. Здесь под руководством А. Кундта была подготовлена плеяда тонких экспериментаторов, таких как В. Рентген, П.Н. Лебедев, Б.Б. Голицын, Э. Варбург, О. Винер, В. Гальвакс, Ф. Пашен, Г. Рубенс. Вслед за Страсбургским институтом в 1875 г. создаются физические институты в Лейпциге, Мюнхене, Бонне, Бреслау, Фрейбурге и других городах. Вскоре каждый немецкий университет обзавелся хорошо оборудованной физической лабораторией. Создание лабораторий повлекло за собой развитие старых и основание новых мастерских физических приборов.

В 70-х годах XIX в. Великобритания, ведущая капиталистическая держава мира, начала терять былое могущество и отставать от своих

¹ Адамов Б.Н. Франц Нейман – ученый и педагог / URL: <http://jmcromio.narod.ru/03.htm>

² Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Просвещение, 1982. – С. 216.

³ Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. – М.: Наука, 1983. – С. 113.

более молодых соперниц – Германии и США. Это отставание сказалось и на темпах строительства лабораторий, хотя экспериментальное обучение физике было начато и в этой стране. В 1846 г. В. Томсон в университете Глазго эксперименты по электродинамике проводил в старых лекционных комнатах и заброшенном винном подвале, привлекая к исследованиям студентов. После переезда университета в новое здание в 1870 г. Томсону были предоставлены просторные помещения для экспериментальной работы. В 1867 г. обучение экспериментальной физике было начато в Оксфорде и в университетском колледже в Лондоне, которое осуществлялось в небольших комнатах¹, в 1871 г. – в Кинг-колледже при Лондонском университете, причем именно в лаборатории Кинг-колледжа проводилось наиболее систематическое обучение экспериментальной физике. В 1872 г. в Оксфорде вступила в строй Кларендонская лаборатория, которая стала прототипом для многих лабораторий мира и по технологии оборудования, и по организации научных исследований с привлечением ученых разных стран. В 1871 г. в Оуэн-колледже при Манчестерском университете занятия в физической лаборатории начали проводиться под руководством Бальфура Стюарта (1828–1887). У него учились искусству экспериментировать А. Шустер и Дж. Дж. Томсон. Вначале экспериментальная работа проводилась в нескольких маленьких комнатах с немногочисленной аппаратурой, а с 1898 г. было выстроено новое здание лаборатории, оборудованное лучшей аппаратурой того времени.

В Кембридже огромную роль в формировании ученых высокой квалификации для всего мира сыграла Кавендишская лаборатория. Средства на строительство лаборатории в размере 6 300 фунтов стерлингов предоставил герцог Девонширский Вильям Кавендиш, потомок известного ученого XVIII века Генри Кавендиша. 8 марта 1871 года первым профессором кафедры и директором лаборатории был избран *Джеймс Максвелл* (1831–1879). Эту дату, когда состоялась вступительная лекция Максвелла о роли экспериментального практикума в подготовке ученых-физиков, принято считать днем основания лаборатории. Перед лабораторией с самого начала ставилась двоякая цель: быть демонстрационной базой изучения курса теплоты, электричества и магнетизма и являться экспериментальной базой научно-исследовательских поисков².

¹ Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Просвещение, 1982. – С. 217.

² Карцев В.П. Открытие Кавендишской лаборатории и первые годы Кавен-

Однако первоначально она использовалась лишь как учебная база для подготовки физиков-экспериментаторов и называлась Девонширской, и только потом ее переименовали в Кавендишскую. Максвелл сам принимал участие в организации и оснащении лаборатории научным оборудованием, вкладывая и свои личные средства. В 1876 г. появились первые ученики Максвелла: Р. Глэйзбрук, В.Н. Шоу, Дж.Г. Пойнтинг, Дж. Христалл, Х. Лэмб, А. Шустер, которые подпали под влияние авторитетного ученого, обладающего высоким научным и официальным статусом. Они разделяли его научные интересы, решали поставленные им проблемы, наследовали его принципы, методы, категории и даже его привычки¹, а впоследствии стали видными учеными. Ученики Максвелла занимались наиболее важными и кардинальными в то время проблемами – Дж. Христалл, Саундерс и А. Шустер занимались проверкой закона Ома и установлением эталона сопротивления; Р.Т. Глэйзбрук на двухосном кристалле арагонита проверял френелевскую форму волновой поверхности, Дж.Г. Пойнтинг занимался определением гравитационной постоянной и т. п. Оснащенная первоклассными по тому времени приборами новая лаборатория была приспособлена как для проведения учебных и научных экспериментов, так и для лекционных демонстраций. Ее руководителями в разное время были Дж.К. Максвелл (с 1871 по 1879 г.), Дж.У. Рэлей (с 1879 по 1884 г.), Дж.Дж. Томсон (с 1884 по 1919 г.), Э. Резерфорд (с 1919 по 1937 г.) и др. Первые десятилетия в Кавендишской лаборатории могли работать выпускники Кембриджа, и только с 1895 г. по инициативе Дж.Дж. Томсона в лабораторию стали принимать выпускников всех университетов. Студенты-исследователи, молодые ученые со всех стран мира приезжали в Кембридж для работы в Кавендишской лаборатории. Первым был новозеландец Эрнест Резерфорд, затем последовали С.Э. Таунсенд из Ирландии, П. Ланжевэн из Франции, А. Комптон из США, Ч. Вильсон из Австрии, М. Олифант из Австралии и многие другие. Из России в Кавендишскую лабораторию в 1921 г. приехал П.Л. Капица и по просьбе А. Иоффе был принят на стажировку. П.Л. Капица стал одним из ведущих сотрудников Э. Резерфорда. При поддержке П.Л. Капицы в Кавендишской лаборатории смогли стажироваться впоследствии советские физики Ю.Б. Харитон, Г.А. Гамов, К.Д. Синельников, А.И. Лейпунский.

В 1899 г. в Теддингтоне под руководством Министерства промышленности создается национальная физическая лаборатория Англии, идишской физической школы // Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. – М.: Наука, 1977. – С. 363–379.

¹ Указ. соч., с. 368.

следования в которой были направлены на решение наиболее насущных нужд практики. Так, ее первый директор, ученик Максвелла *Ричард Тэтли Глэйзбрук* (1854–1935), занимался исследованиями моделей самолетов на устойчивость в аэродинамической трубе, которые впоследствии обеспечили высокие летные качества английских самолетов в Первой мировой войне¹.

Франция вслед за Германией и Англией начала обучение экспериментальной физике, и одна из первых лабораторий была создана под руководством *Адри Виктора Реньо* (1810–1878). Правительство Франции субсидировало его термодинамические исследования, поскольку паровая машина в середине XIX в. была основным двигателем промышленности, и ему была поставлена задача точного определения различных тепловых постоянных, полезных для ученого или инженера. Лаборатория А. Реньо помещалась в небольшом здании, построенном им в 1841 г. в саду Коллеж де Франс, и была хорошо оснащена. С 1854 г. А. Реньо становится директором Севрской фарфоровой фабрики, где для него также сооружается обширная лаборатория для научных исследований по теплоте. А. Реньо привлекает к своим исследованиям молодых ученых-исследователей из Франции, Германии, Италии, Швеции, Швейцарии и России. Эксперименты, которые здесь проводились, относились к определению скрытой теплоты различных жидкостей при переходах из парообразного состояния в жидкое, и наоборот. Методы тепловых измерений, предложенные Реньо, переносились в научные и учебные лаборатории высших учебных заведений, и еще в XX в. почти все физические практикумы университетов по теплоте были поставлены «по Реньо». Необычайная добросовестность его работ, замечательное искусство, с которым он умел комбинировать новые приборы и устранять причины погрешностей, которыми до того времени пренебрегали, создали традицию в области эксперимента, до него неизвестную; ученые привыкли не обосновывать рискованных теорий приблизительными законами, и таким образом была расчищена почва для прочных завоеваний науки². Лаборатория Реньо была уничтожена немцами при взятии Парижа в 1870 г. во время Франко-прусской войны (1870–1871 гг.), существенно подорвавшей экономическое могущество Франции.

31 июля 1868 г. французским Министерством образования были выпущены декреты, утверждающие необходимость проведения практи-

¹ Указ. соч., с. 369.

² История XIX века / Под ред. Э. Лависса и А. Рамбо. Пер. с фр. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ОГИЗ, 1938. – Электронный ресурс: на сайте «Библиотека Якова Кротова» (http://www.krotov.info/history/19/55/laviss_26.htm)

ческих занятий и создания лабораторий для студентов и специальных лабораторий для научных исследований. В этом же году профессор *Жюль Селестен Жамен* (1818–1886) открыл лабораторию в Сорбонне, которую возглавлял до самой смерти. В этой лаборатории студенты занимались определением физических констант с использованием оборудования, которое сам Ж.С. Жамен применял в своих исследованиях. Под руководством Ж.С. Жамена в лаборатории работало несколько русских и румынских физиков, которые занимались оптическими, магнитными и электрическими исследованиями. С 1886 г. руководителем лаборатории стал Габриэль Липпман (1845–1921), который именно в этой лаборатории разработал метод цветной фотографии, основанный на интерференции света, за что ему была присуждена Нобелевская премия по физике в 1908 г.

В целом же во второй половине XIX в. лабораторий во Франции было все еще мало, средства, отпускавшиеся на нужды экспериментальных исследований, были очень скудны, действующие лаборатории были так переполнены, что там не оставалось места для исследовательской работы, а физическую науку во Франции развивали исследователи-одиночки.

В США признавалась важность новых образовательных учреждений в условиях экономического роста страны, освоения Запада, роста индустрии, транспорта, сельского хозяйства. В связи с этим придавалось большое значение обучению в лабораториях, и систематическое лабораторное обучение было введено в 1869 г. в Массачусетском институте технологии в Бостоне. Примечательно, что в США обучение практической физике в технических учебных заведениях было поставлено лучше, чем в колледжах и университетах. Так, до 1871 г. Гарвард-колледж не имел приборов для технических измерений. В США стали создаваться научно-исследовательские институты. На средства, завещанные в 1829 г. английским химиком Дж. Смитсоном, в 1846 г. в Вашингтоне был основан Смитсоновский институт – первое в США научное учреждение, в котором проводились только фундаментальные исследования; первым директором института стал известный американский физик *Джозеф Генри* (1797–1878). Во второй половине XIX в. при институте было организовано бюро погоды, Национальный музей, астрофизическая обсерватория и др. научные центры. Фронт фундаментальных исследований постепенно расширялся, особенно в области астрономии: Б. Гулд составил стандартный каталог звезд, Дж. Бонд в 1848 г. открыл 8-й спутник Сатурна – Гиперион. Кроме того, в США продолжа-

лось образование научных обществ. Так, Дж. Генри стал первым президентом Философского общества в Вашингтоне (с 1871 г.). В 1899 г. на собрании 36 ведущих американских физиков, собравшихся в Колумбийском университете в Нью-Йорке, было основано Американское физическое общество, целью которого было улучшение и распространение знаний в области физики.

Кроме названных ведущих стран Запада, физические исследования велись и в других странах. Так, первый в мире Физический институт был создан в 1850 г. при Венском университете по инициативе и под руководством *Христиана Доплера* (1803–1853)¹. Впоследствии он был назван Институтом экспериментальной физики, с 1869 г. им долгие годы руководил Йозеф Стефан (1835–1893). В 1875 г. под руководством немецкого физика-экспериментатора *Августа Тёллера* (1836–1912) был построен Физический институт университета в Граце в Австрии². В 1880 г. усилиями *Пьетро Блазерны* (1836–1918) был создан Физический институт при Римском университете³.

Лаборатории и институты создавались не только при академиях и университетах, но и при заводах и компаниях. С ростом масштабов и концентрацией промышленности наиболее крупные фирмы, особенно специализировавшиеся на производстве новейших машин и приборов, стали организовывать собственные физические научно-исследовательские центры, в которых, кроме задач, связанных с нуждами производства, решались общенаучные проблемы. Например, важные результаты в области теории оптических приборов были получены в лабораториях при заводах Карла Цейса (Германия), которыми руководил в конце XIX в. *Эрнст Аббе* (1840–1905). Благодаря его трудам инструментальный арсенал оптики вышел на очень высокий уровень⁴. Всемирную известность приобрела лаборатория фирмы «Белл телефон компани» (США; основана в 1877 г., с 1885 г. – «Американ телефон энд телеграф»), которая

¹ Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. – М.: Наука, 1983. – С. 187.

² Лермантов В. Физический кабинет. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона / URL: <http://gatchina3000.ru/brockhaus-and-efron-encyclopedia-dictionary/106/106970.htm>

³ Бернардини К. Ребята с улицы Панисперна: к 100-летию Энрико Ферми / К. Бернардини; пер. с итал., предисл. В.Д. Белинского // Природа. – 2001. – № 9. – С. 19–28.

⁴ Васильев А. Эрнст Аббе и «Карл Цейс Йена» // Квант. – 2000. – № 1. – С. 17–19.

разрослась в организационно выделенную систему физических институтов («Белл лабораторис»), ведущих исследования прикладного и фундаментального характера во многих областях физики.

Кроме того, в рамках функционирования лабораторий и институтов возникли такие формы организации научных исследований, как коллоквиумы и общества. Первые физические коллоквиумы возникли в лабораториях Г. Магнуса (1843 г.) и Г. Кирхгофа, но широкий размах получили у А. Кундта в Страсбурге (в 1834 г. объединенный коллоквиум по теоретической физике и математике был основан Ф. Нейманом и К. Якоби в Кенигсберге). В 1856 г. было создано Берлинское физическое общество.

Таким образом, в западноевропейской физике в 50–60-е годы происходят весьма важные события. В передовых университетах Германии, Британии, Франции физика оформляется как самостоятельная научная дисциплина базового масштаба. Она становится лидером естествознания, научным фундаментом для новых технологий. В результате возникают новые формы непосредственной коммуникации между исследователями. Лаборатории, кафедры, институты создавали все предпосылки, соответствующие достигнутому обществом условиям и степени развитости науки¹.

1.5.2. Возникновение лабораторий и институтов в России

После падения крепостного права темпы развития промышленности в России начинают возрастать. Но экономическая отсталость России сказалась и на отставании ее в деле создания физических лабораторий. В России первоначально местом исследования ученых-физиков служили физические кабинеты, которые открывались в высших учебных заведениях. Например, В.В. Петров в 1795 г. организовал первый физический кабинет при Медико-хирургической академии Санкт-Петербурга. Его попытки организовать научно-исследовательскую работу для студентов, превратить кабинет в лабораторию не увенчались успехом. В 40-х годах XIX в. Э.Х. Ленц пытался преобразовать физический кабинет Академии наук в физическую лабораторию, привлекая молодых исследователей для работы в нем. Но учеников у Э.Х. Ленца было немного (Ф.Ф. Петрушевский, А.С. Савельев, М.П. Авенариус), кроме того, после смерти Ленца исследовательская деятельность в физическом ка-

¹ Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. – М.: Наука, 1977. – С. 103.

бинете Академии наук затухла. Однако ученики Ленца, продолжая традиции своего учителя, организовывали физические лаборатории в различных высших учебных заведениях.

Первая лаборатория в России была создана в 1865 г. Ф.Ф. Петрушевским (1828–1904) в Петербургском университете, причем введение Петрушевским лабораторного практикума в университете шло в одно время с введением подобного практикума за границей. Петрушевский и его ученик И.И. Боргман (1849–1914) боролись за создание физической лаборатории, отвечающей современным требованиям. Благодаря их хлопотам средства на постройку нового здания физического института были отпущены, и 9 сентября 1901 г. физический институт был открыт. В лаборатории Петрушевского было подготовлено много известных русских ученых и педагогов. Учениками Петрушевского были А.С. Попов, И.И. Боргман, Н.Г. Егоров (1849–1919), В.К. Лебединский (1868–1937), Н.П. Слугинов (1854–1897) и ряд других физиков. Ученики лаборатории распространяли практические занятия по физике в большей части России. В 1867 году Д.А. Лачинов (1842–1902) создает физическую лабораторию при Петербургском земледельческом институте. В 70-х годах М.П. Авенариус организовывает физическую лабораторию в Киевском университете, а А.Г. Столетов – в Московском университете. В лаборатории Московского университета был выполнен ряд замечательных работ, сыгравших большую роль в развитии физики, и подготовлено много способных учеников, занявших впоследствии посты заведующих кафедрами физики многих университетов России (Р.А. Колли, Н.Н. Шиллер, П.А. Зилов, Н.П. Кастерин, Д.А. Гольдгаммер, В.А. Михельсон). Столетов провел в своей лаборатории исследования фотоэффекта, принесшие ему мировую славу. Он привлек в лабораторию П.Н. Лебедева, впоследствии создавшего школу русских физиков, прославившего российскую науку исследованиями светового давления. После смерти А.Г. Столетова заведующим физическим кабинетом был избран Н.А. Умов. Понимая важность создания физического института – не воплощенной при жизни мечты Столетова, – Умов прилагает много усилий для претворения ее в жизнь. Над созданием проекта института работала комиссия во главе с Н.А. Умовым, в которую входили П.Н. Лебедев и А.П. Соколов. Физический институт при Московском университете был открыт в 1903 г. Именно в стенах этого института достигла своего расцвета школа физики П.Н. Лебедева.

В целом начало строительства физических институтов в России относится к концу 90-х гг. XIX в. и началу 1900-х гг. В это время возникли

кают институты Петербургского, Московского, Одесского университетов. Позже возникли институты Московского высшего технического училища и политехникумов в Петербурге и Киеве¹. Попытки организовать специальные физические институты предпринимались в Петербурге, в частности, ученым-рентгенологом М.И. Неменовым. Им был создан проект Рентгенологического института, в котором должны были проводиться исследования влияния рентгеновских и радиевых лучей, а также изучаться их диагностические возможности. Однако ученому не удалось пробить бюрократический барьер правительства².

Одним из неблагоприятных обстоятельств для научной работы в России являлась перегруженность персонала институтов учебной работой и связанная с этим невозможность вести исследовательскую работу в течение года. Выход из этого положения был найден в создании лабораторий, где ученые, стоящие во главе учреждений, занимались не преподаванием, а ведением собственных научных работ и руководством исследованиями начинающих ученых. В 1917 г. Московский научный институт выстроил на частные средства первый в России специальный исследовательский институт по физике, который функционировал как исследовательская лаборатория. Значительно ранее в России была устроена лаборатория Главной палаты мер и весов, где в последующие годы по почину Д.И. Менделеева был выстроен специальный институт для научных исследований, преследовавший задачу выработки новых методов измерения и усовершенствования уже существующих³.

Можно сказать, что фундамент физики как единого образовательного-исследовательского комплекса был создан в России на университетской почве. В Петербурге важную роль сыграл Ф.Ф. Петрушевский, и именно в Петербурге было создано первое физическое общество. В Петербургском университете работал профессор О.Д. Хвольсон, автор классического курса общей физики, известного во всем мире. Прямых учеников у него не было, но по его учебникам учились и в России, и за ее пределами (курс был переведен на европейские языки) – так что он воз-

¹ Лазарев П.П. Очерки истории русской науки. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 40.

² Френкель В.Я. Первые научные физические школы Петербурга – Петрограда – Ленинграда и их роль в развитии отечественной физики // Интеллектуальная элита Санкт-Петербурга. Ч. 1 / Под ред. С.А. Кугеля. – СПб.: Изд-во СПбУ-ЭФ, 1993. – С. 97.

³ Лазарев П.П. Очерки истории русской науки. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 66.

главлял так называемый «невидимый колледж». В Москве, прежде всего в университете, основополагающую роль в этом деле сыграл А.Г. Столетов, воспитавший многочисленную группу высокопрофессиональных исследователей и одновременно преподавателей. Вместе с тем ученики Столетова не образовали научной школы: тематика их работ была весьма широкой, да и работали они в самых разных городах (помимо Москвы, в Одессе, Варшаве, Казани, Киеве и т. д.), что не позволяло создать коллектив исследователей, работающих на основе одной или нескольких взаимосвязанных исследовательских программ. П.Н. Лебедевым в 1901 г. был организован первый физический коллоквиум, хотя ранее (1871–1872 гг.) попытки предпринимались А.Г. Столетовым.

Таким образом, во второй половине XIX в. как в физике, так и в организации физических исследований произошли значительные изменения. Прогресс естественных наук в XVIII–XIX вв. и связанный с ним экспериментальный метод делают лабораторию решающим местом осуществления научной деятельности, в результате создавались новые формы непосредственной коммуникации между исследователями. Изменившееся разделение труда и коммуникативность научной деятельности требовали высших форм целеустремленности, планомерности и социальной организованности научных исследований. Широкое распространение получили физические лаборатории, пришедшие на смену традиционным физическим кабинетам, физические институты, специально создаваемые для проведения широких и систематических физических исследований, а также физические семинары и коллоквиумы, возникшие при этих лабораториях и институтах¹. Появились первые физические общества и специализированные физические журналы. Лаборатории, кафедры, институты создавали все предпосылки, соответствующие достигнутому обществом условиям и степени развитости науки. Эти события в физике и изменения в организации и проведении физических исследований, являющиеся следствием социально-экономических факторов, и создали во второй половине XIX в. необходимые научно-технические и социальные предпосылки для формирования физических школ.

¹ Кудрявцев С.П. Физические лаборатории высшей школы второй половины 19 в. // История и методология естественных наук. – 1979. – Вып. 21. – С. 118–126; Phillips M. Laboratories and the rise of the physics profession on the nineteenth century // Amer. J. Phys. – 1983. – № 6. – P. 497–503.

Глава 2. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ШКОЛ В КОНЦЕ XIX – ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВВ.

Последняя четверть XIX в. отмечена тем, что пора физических кабинетов, господствовавших в XVIII и в первой половине XIX вв., отошла в прошлое, началась пора физических лабораторий и физических институтов. В Европе появились большие лаборатории и специально построенные физические институты (Берлин, Гейдельберг, Кембридж, Оксфорд, Париж, Вена, Страсбург). Это привело к возникновению физических научных школ.

Научная школа воплощает в себе переход от индивидуальных форм научной деятельности к коллективным. Для возникновения школ в определенной области науки, в том числе физики, необходимо, чтобы развитие научных знаний здесь достигло такого уровня, когда для их дальнейшего развития требуются совместные усилия, коллективный творческий труд, а потребности в координированном научном труде не удовлетворяются существующими формальными или неформальными объединениями ученых.

Научные школы были и остаются сегодня важнейшей формой подготовки ученых и развития науки. В «Государственной программе поддержки ведущих научных школ правительства РФ»¹ указано, что понятие «научной школы» употребляют «... применительно к относительно небольшому научному коллективу, объединенному не столько организационными рамками, не только конкретной тематикой, но и общей системой взглядов, идей, интересов, традиций – сохраняющейся, передающейся и развивающейся при смене научных поколений», и выделяют следующие признаки научной школы:

- общность научных интересов представителей школы и научная значимость рассматриваемых проблем;
- уровень научных результатов школы и ее признание в стране и за рубежом;
- роль научного лидера; стабильность и перспективы школы (премущественность научных поколений, работа с научной молодежью, работа постоянного научного семинара).

Традиционным является подход к рассмотрению научной школы как исторически обусловленной формы организации научной деятельности

¹ Ведущие научные школы России: Справочник. – М.: Янус-К, 1998. – 624 с. – С. 4–5.

группы исследователей, поскольку эта деятельность предполагает «производство» не только научных идей, но и «производство» ученых, без чего невозможно сохранение традиций, передача «эстафеты знаний», а тем самым и существование науки в качестве социально-исторической системы. Школы в науке являются непререваемым постоянно действующим фактором ее прогресса. Поэтому роль научных школ в развитии науки активно исследовалась в науковедении¹. Основными характеристиками научной школы являются: известность; высокий уровень исследований, их оригинальность; научная репутация; научные традиции; преемственность поколений².

Уже более века самые выдающиеся открытия в науке совершаются коллективно, и профессия ученого стала массовой. Однако сегодня учитель стал организатором широкомасштабной работы, всемерно учитывающей человеческий фактор. Поэтому, с одной стороны, коллективное творчество играет большую роль в современной науке, с другой – исключительное значение приобретают личные качества лидера научного коллектива, именно в их единстве рождаются научные школы. Научная школа – это не просто коллектив исследователей во главе с научным лидером, а коллектив исследователей-единомышленников.

Феномен научной школы и научного лидера, становление и развитие школ, их роль, значение и вклад в науку и научный прогресс являются предметом науковедческих исследований. Различные вопросы научных школ освещались самими учеными: М. Борном, С.И. Вавиловым, П.Л. Капицей, П.Н. Лебедевым, Н.Н. Семеновым³ и др. Однако особое,

¹ См., например, Антонов А.Н. Преемственность и возникновение нового знания в науке. – М.: Изд-во Московского университета, 1985; Кун Т. Структура научных революций: Пер. с англ. Сост. В.Ю. Кузнецов. – М.: Издательство АСТ, 2001.; Куперштох Н.А. Научные школы России и Сибири: проблемы изучения // Философия науки. – Новосибирск. – 2005. – № 2(25). – С. 93–106; Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987; Ярошевский М.Г. Логика развития науки и научная школа // Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. – М.: Наука, 1977. – С. 42.

² Карцев В.П., Храмов Ю.А. Научные школы в структуре потенциала науки // Научно-технический потенциал: структура, динамика, эффективность. – Киев: Наукова думка, 1987. – 348 с.; Академические научные школы Санкт-Петербурга: К 275-летию Акад. наук / РАН. С.-Петерб. науч. центр / Под ред. Э.А. Троппа и др. – СПб., 1998.

³ Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука, 1977; Вавилов С.И. Собрание сочинений. В 4 т. – М.: Изд-во АН СССР, 1954–1956; Капи-

профессиональное, внимание им уделили историки науки и науковеды: Т. Кун, Ф. Гернек, Б.М. Кедров, С.Р. Микулинский, М.Г. Ярошевский, К.А. Ланге, С.Г. Кара-Мурза, В.П. Карцев¹ и др. Активно программа «Научная школа» разрабатывается в Институте истории естествознания и техники РАН².

Особое место в исследованиях занимает изучение отношений учитель – ученик, научный руководитель – коллектив, научный лидер – научная школа. Во многих случаях заслуги ученого не исчерпываются его непосредственным вкладом в науку. Часто он является и организатором науки, воспитателем молодых творческих личностей. В этом случае его значение оценивается не только личными научными результатами, но и тем влиянием, которое он оказал на других, косвенно обогатив тем самым науку.

Уже более века самые выдающиеся открытия в науке совершаются коллективно и профессия ученого стала достаточно массовой, правда, при этом изменился характер научного труда, изменился и сам учитель. Сегодня он стал организатором крупномасштабной работы, всемерно учитывающей человеческий фактор. Предпосылки же создания ученым школы следует искать как в природе самого ученого, так и в действии научно-технических и социальных факторов, в условиях, которые формируют его как учителя. Поэтому личные качества лидера научного коллектива играют не меньшую роль в современной науке, чем коллективное творчество. В их единстве и рождаются научные школы.

Воспитателями больших групп учеников и создателями научных школ становятся, как правило, ученые, обладающие такими качествами, как одаренность, крупные научные результаты, любовь к науке, педагогическое мастерство, целеустремленность, научная принципиальность, широта и разносторонность знаний и интересов, высокая культура, личный авторитет, обаяние, доброжелательность, энтузиазм, умение

ца П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1987; Лебедев П.Н. Собрание сочинений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963; Семенов Н.Н. Наука и общество. – М.: Наука, 1973.

¹ Кун Т. Структура научных революций. – М.: Издательство АСТ, 2001; Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. – М.: Наука, 1977; Ланге К.А. Организация управления научными исследованиями. – Л.: Наука, 1971; Кара-Мурза С.Г. Проблемы организации научных исследований. – М.: Наука, 1981; Карцев В.П. Социальная психология науки и проблемы историко-научных исследований. – М.: Наука, 1984.

² Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. – СПб.: РХГА, Вып. 1, 2005; Вып. 2, 2007.

направить работу, поддержать инициативу и самостоятельность и др. Большое значение для приобщения молодежи к науке имеет умение руководителя отбирать творчески одаренных людей, создание условий, при которых они быстро развернутся в полную силу. Неотъемлемым и интенсивным фактором воспитательного процесса является научное общение учителя с учениками на лекциях, семинарах, в лабораториях. Не менее важно оно и для самого учителя, для получения новых результатов, для создания и осмысления нового знания.

Не каждый выдающийся ученый может быть руководителем учеников или создать научную школу. Это объясняется некоторыми личностными качествами, например, замкнутостью или «углублением в самого себя», стремлением решать проблему только своими силами. К таким ученым можно отнести А. Эйнштейна, М. Планка, П. Дирака, Дж. Гиббса и др.¹

Современную научную школу можно определить как неформальное творческое содружество исследователей различных поколений высокой научной квалификации во главе с научным руководителем в рамках какого-либо научного направления, объединенных единством подходов к решению проблемы, стилем работы и мышления, оригинальностью идей и методов реализации своей научной программы, получившее значительные результаты, завоевавшее авторитет и общественное признание в данной области знания. Научная школа – наиболее яркое проявление коллективной формы творчества под руководством выдающегося ученого. Она не создается решением, как научно-исследовательский институт, отдел или лаборатория, а формируется в течение длительного времени кропотливым трудом научного лидера, отбирающего творческих работников и воспитывающего ученых-исследователей высшей квалификации.

Элементы коллективной формы научного творчества и научной школы (учитель и ученики или последователи) появились еще в античную эпоху. К древним натурфилософским школам относятся ионийская, пифагорейская, атомистическая, школа Платона и перипатическая. В этом же смысле можно говорить и о школе Галилея, учениками которого были известные физики Б. Кастелли, Э. Торричелли, Дж. Борелли, В. Вивiani. Непосредственной предтечей физической школы можно считать кружок и лабораторию Г. Магнуса, из которых вышли Г. Гельмгольц, Р. Клаузиус, Г. Квинке, А. Кундт, Дж. Гиббс, Г. Видеман, Э. Сименс, Дж. Тиндаль, А. Г. Столетов, А. Крёниг и др., а также группу учени-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 9.

ков Ф. Неймана (Г. Кирхгоф, К. Нейман, Ф. Дорн, Л. Мейер, Р. Этвеш, В. Фойгт)¹. В России элементы научной школы находим у М.В. Ломоносова, который свои физико-химические исследования проводил в основанной им в 1748 г. химической лаборатории Петербургской академии наук. Его учениками были А.А. Барсов, Н.Н. Поповский, Ф.Я. Яремский, А.А. Константинов, И.Ф. Фрязин и др.² Эти элементы обучения искусству научного исследования развивались в дальнейшем Э.Х. Ленцем, М.П. Авенариусом, А.Г. Столетовым и Ф.Ф. Петрушевским³.

2.1. Первые физические научные школы

Начало возникновения школ в физике относится к последней четверти XIX в. Именно в это время форма коллективного творчества стала действительно необходимой для ее дальнейшего прогресса, и одной из эффективных ее форм оказались научные школы. Резкое возрастание роли коллективного труда, активизация деятельности научных школ наблюдались в период, когда происходил переход от классической физики к современной. Всеобщее научное и общественное признание еще при жизни руководителей получили школы Н. Бора, М. Борна, С.И. Вавилова, А. Зоммерфельда, А.Ф. Иоффе, Х. Камерлинг-Оннеса, А. Кундта, И.В. Курчатова, Л.Д. Ландау, П.Н. Лебедева, Л.И. Мандельштама, Э. Резерфорда, Д.С. Рождественского, И.Е. Тамма, Дж.Дж. Томсона, Э. Ферми⁴. Созданные в разных странах и в разное время, они внесли существенный вклад в мировую физику и научный прогресс.

Таким образом, если рассматривать научные школы как сложные структуры, положив в основы критерии, указанные выше, то первой физической школой следует считать школу А. Кундта, а в России – школу П.Н. Лебедева.

¹ Treder H. *Grope Physiker und ihre Probleme*. – Berlin: Akad. – Verl., 1983.

² См. об этом: Развитие физики в России. В 2 т. Т. 1 / Под ред. А.С. Предводителя, Б.И. Спасского. Сост. А.Ф. Коноков. – М.: Просвещение, 1970.

³ Голоушкин В.Н. Э.Х. Ленц – создатель и руководитель русской школы физиков середины XIX ст. // Учен. зап. Ленингр. пед. ин-та. Т. 103. – 1955. – С. 311–318; Гольдман А.Г. Михаил Петрович Авенариус и киевская школа экспериментальной физики // УФН. Т. 44, вын. 4. – 1951. – С. 586–590; Теляков М. А.Г. Столетов – основатель московской школы физиков // Учен. зап. Тамбов. пед. ин-та. – 1955. – Вып. 8. – С. 42–62.

⁴ Подборка научных школ в данной работе сделана в основном в соответствии с книгой Храмова Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987.

2.1.1. Первые зарубежные физические школы:

А. Кундта, Дж. Дж. Томсона

Помимо выдающихся результатов, принесших видному немецкому физику-экспериментатору *Августу Адольфу Кундту* (1839–1894) широкую известность, огромной его заслугой было создание большой интернациональной научной школы – первой школы экспериментальной физики¹.

Основы научного творчества Кундта были заложены в Берлинском университете, где во время учебы и последующей работы (1861–1868) он испытал благотворное влияние Густава Магнуса. Именно в лаборатории Магнуса впервые проявились и были развиты экспериментальные способности Кундта. В 1877 г. в Страсбурге он создал один из первых физических институтов, где и основал интернациональную школу физиков. Страсбургский институт физики служил прототипом при создании подобных институтов по всему миру. В 1888 г. возглавил Физический институт при Берлинском университете, став преемником Г. Гельмгольца.

Получение крупных научных результатов в различных областях экспериментальной физики (акустике, молекулярной физике, оптике, электричестве, физике кристаллов, металлооптике²) у Кундта органично сочеталось с его большой работой по воспитанию молодых исследователей, созданию школы физиков-экспериментаторов широкого профиля. Для своих учеников А. Кундт был идеальным руководителем и помощником. Обладая отличной памятью и эрудицией, он хорошо ориентировался в физической литературе, у него всегда был в избытке запас идей для учеников, и исследования в физическом институте велись почти по всем направлениям физики. За годы его работы в Страсбурге в институте под его руководством было выполнено более 50 научных работ.

Огромное значение для формирования молодых физиков имели еженедельные коллоквиумы, проводимые Кундтом. Участниками его были студенты первых курсов, ведущие самостоятельные исследования, ассистенты и профессора смежных с физикой наук. Каждый реферат знакомил с новым исследованием, а в ходе обсуждения и беседы перед участниками открывалась картина непрерывного развития науки. Кол-

¹ Лазарев П. П. А. Г. Столетов, Н. А. Умов, П. Н. Лебедев, Б. Б. Голицын. – Л.: Научн. хим.-техн. изд-во, 1927. – С. 38.

² Храмов Ю. А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 27–28.

локвиум был превосходной школой, которая учила разбираться в материале, выбирать существенные результаты исследований и выяснять их значение, учила выступать.

К основным достижениям школы можно отнести: открытие рентгеновских лучей (В. Рентген); изобретение электронно-лучевой трубки, кристаллического детектора, нескольких типов антенн (К. Браун); изменение давления света на твердые тела и газы (П.Н. Лебедев); открытие (независимо от Г. Герца и А. Риги) фотоэффекта (В. Гальвакс), стоячих световых волн (О. Винер), магнитного гистерезиса и ионной проводимости диэлектрических кристаллов (Э. Варбург); экспериментальное подтверждение закона Планка теплового излучения (Г. Рубенс); открытие новой серии водорода в инфракрасной области спектра (Ф. Пашен), жидких кристаллов (О. Леман); создание научных основ сейсмологии (Б.Б. Голицын) и физики горения (В.А. Михельсон) и др.¹ Школу экспериментальной физики А. Кундта представляют также Л. Аронс, Р. Биркеланд, Э. Блазиус, Д.А. Гольдгамер, Л. Гретц, Г. Дюбуа, Э. Кон, В.А. Михельсон, Ф. Штенгер и др. Двое из его учеников – В. Рентген и К. Браун – стали лауреатами Нобелевской премии по физике, а К. Браун, Э. Варбург, П.Н. Лебедев, Ф. Пашен и Г. Рубенс – создателями собственных научных школ.

Основоположником первой в Англии физической школы, влияние которой вышло далеко за пределы этой страны, был *Джозеф Джон Томсон* (1856–1940). Школа была создана им в Кембридже в период его работы директором Кавендишской лаборатории (1884–1919), а точнее в 1895–1914 гг., когда им с учениками и сотрудниками закладывались основы атомной физики. Томсон был выдающимся мыслителем, тонким экспериментатором, непревзойденным учителем и очень обаятельным человеком. Эти качества привлекали молодых людей, стимулировали их на занятие наукой. Дж.Дж. Томсон создал в Кавендишской лаборатории такой стиль отношений и работы, такую научную атмосферу, которые превратили ее в своего рода «цех» по подготовке физиков-исследователей², которые в разных странах являлись носителями традиций Кавендиша.

В Кавендишской лаборатории Дж.Дж. Томсон начал работать после окончания Тринити-колледжа Кембриджского университета, исследования свои проводил под руководством Дж. Рэлея, а в 1884 г. был избран преемником Рэлея в университете – кавендишским профессо-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 32.

² Указ. соч., с. 33.

ром и директором лаборатории. Томсон был воспитан на воззрениях М. Фарадея и Дж. Максвелла, и его научные работы посвящены теории электромагнитного поля Максвелла, теории вихрей, исследованию катодных и рентгеновских лучей, прохождения электрического тока через газы, проводимости металлов, атомной физике. Он удачно соединял в себе физика-теоретика и экспериментатора, блестяще владея как аппаратом математической физики, так и искусством проведения эксперимента, экспериментальным чутьем и проницательностью¹. Все свои наиболее фундаментальные исследования Дж.Дж. Томсон осуществил в период интенсивного формирования им научной школы, и характерной чертой его научной деятельности является неразрывная связь его собственных работ с работами его учеников и сотрудников.

До 1895 г. в Кавендишской лаборатории работали лишь студенты и сотрудники Кембриджского университета, а с 1895 г. в ней начали стажироваться также студенты и молодые исследователи из различных университетов Англии и других стран. Например, в 1896–1900 гг. в лаборатории под руководством Дж.Дж. Томсона работали П. Ланжевен, Т. Лайман, Дж. Зелени, Г.А. Вильсон, Дж. Мак-Клелланд, О. Ричардсон, Р. Рэлей (Стрэтт), Дж. Таунсенд, Э. Резерфорд, Ч. Вильсон, Ч. Баркла и др. Число работающих в лаборатории очень быстро возросло, и вскоре в ней проводилось более 30 научных исследований одновременно². Под руководством Дж.Дж. Томсона Кавендишская лаборатория стала быстро давать крупные научные результаты и приобрела славу одной из лучших лабораторий мира. Этому способствовали также взгляды Томсона на организацию научных исследований. По его убеждению, университетская лаборатория должна быть не «фабрикой по производству публикаций», а «школой подготовки» физиков-исследователей.

Дж.Дж. Томсон был хорошим лектором: он подавал материал в умеренном темпе, демонстрировал в нужный момент один-два эксперимента, формулировки были совершенными по форме и завершенными по смыслу. На лекциях для выпускников по курсу «Электрическая теория материи» он мог изложить то, что особенно интересовало его в данный момент, а теоретические выкладки представить в виде небольшого исследования. Лекции будили мысль и стимулировали к исследованиям. По материалам лекций он написал в 1895 г. специальный учебник «Элементы математической теории электричества и магнетизма», который выдержал ряд изданий, и совместно с Дж. Пойнтингом в 1899–1914 гг.

¹ Lodge O. Sir J.J. Thomson // Nature. – 1926. – 118, Suppl. – P. 49–51.

² Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 40.

опубликовал курс физики в четырех книгах: «Звук», «Свойства материи», «Теплота», «Электричество и магнетизм».

В начале 90-х годов XIX столетия Дж.Дж. Томсон впервые в Англии положил начало коллоквиумам, которые проводил раз в две недели в течение семестра. На обсуждение участникам этого неформального собрания выносились одна-две теоретические или экспериментальные работы. Авторами их обычно были аспиранты, представляющие свои результаты исследований, хотя доклад мог и не содержать собственную работу. Каждый в лаборатории имел, как правило, свою задачу и аппаратуру, но каждый знал большую часть того, над чем работали его коллеги, поскольку большинство их трудилось в лаборатории над взаимосвязанными проблемами и знание результатов коллег обеспечивало единство методов, стиля, взаимную заинтересованность в достижении цели.

В результате Дж.Дж. Томсоном была создана обширная научная школа, которая насчитывала 27 членов Лондонского королевского общества и 80 профессоров во многих странах, в частности в Канаде, Индии, США, Франции, Австрии, Германии, Польше и др. Большая часть работ этой школы была посвящена изучению электропроводности и разрядов в газах, и многие исследования самого Томсона были на эту тему¹. К достижениям школы следует отнести результаты самого Томсона, открытие характеристических рентгеновских лучей (Ч. Баркла), построение теории излучения электрических зарядов, движущихся с ускорением (Дж. Шотт), формулировку уравнения, связывающего длину волны рентгеновского излучения с периодом кристаллической решетки кристалла (У.Л. Брэгг), изобретение камеры Вильсона (Ч. Вильсон), установление закона, определяющего коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра (У. Дуэн), открытие большого количества стабильных изотопов у многих химических элементов (Ф. Астон), разработку точных методов и приборов термометрии (Х. Каллендар), построение классической теории диа- и парамагнетизма и основ ультразвуки (П. Ланжевен), создание теории несамостоятельного газового разряда и определение заряда иона (Дж. Таунсенд), установление зависимости плотности тока насыщения термоэлектронной эмиссии от температуры поверхности катода (О. Ричардсон, 1901), создание основ ультрафиолетовой спектроскопии (Т. Лайман), открытие ионосферы (1924) и верхнего отражательного слоя *E* в ней (Э. Эпплтон, 1926), дифракция

¹ Thomson G. Centenary of J.J. Thomson // Science. – 1956. – 124. – P. 1191–1195. – P. 1194.

электронов (Дж.П. Томсон, 1927) и наконец результаты Э. Резерфорда, которые создали ему имя основоположника ядерной физики.

Школу экспериментальной физики Томсона представляют также Г.С. Аллен, Дж. Зелени, Н. Кемпбелл, Дж. Мак-Леннан, В. Натансон, Дж.У. Никольсон, Р. Рэлей (Стрэтт), М. Смолуховский, Дж. Тейлор, А. Юз и др.¹ Среди его прямых учеников были двенадцать нобелевских лауреатов в области химии и физики: У. Рамзай, Э. Резерфорд, В. Вин, У.Г. Брэгг, Ч. Баркла, Ф. Астон, Н. Бор, Ч. Вильсон, О. Ричардсон, Дж.П. Томсон, Э. Эпплтон, М. Борн². Учителями многих известных физиков стали У.Л. Брэгг, П. Ланжевен, Дж. Мак-Леннан и О. Ричардсон, а Э. Резерфорд – основателем большой школы в области ядерной физики.

2.1.2. Первая российская физическая школа П.Н. Лебедева

Несмотря на то, что в дореволюционной России работал целый ряд выдающихся физиков (в их числе А.Г. Столетов, Н.А. Умов, Б.Б. Голицын, П.Н. Лебедев), малое количество учеников и общее положение науки в России не позволяли им конкурировать с коллегами, создавшими мощные центры развития физической мысли в Геттингене, Мюнхене, Лейдене, Париже, Страсбурге, Кембридже, где успешно развивались физические школы.

Видный русский ученый *Петр Николаевич Лебедев* (1866–1912) известен как выдающийся физик-экспериментатор и создатель школы физиков, которая была сформирована им в Московском университете³. Как физик-исследователь П.Н. Лебедев сформировался в Физическом

¹ Храмов Ю.А. Физики: Биограф. справ. – 2-е изд. – М.: Наука, 1983.

² Кудрявцев С.П. Д.Д. Томсон. – М.: Просвещение, 1986. – С. 11; Финкельштейн А.М., Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Зеленин К.Н. Нобелевские лауреаты по физике: 1901–2004. В 2 т. Т. 1. – СПб.: Гуманистика, 2005. – С. 139.

³ Визгин В.П. Физика в Москве / Москва научная / В.П. Визгин; Отв. ред. В.М. Орел. – М.: Янус-К, 1997. – С. 191; Кравец Т.П. П.Н. Лебедев и созданная им физическая школа // От Ньютона до Вавилова. – Л.: Наука. – С. 321–327; Лазарев П.П. Воспоминания о П.Н. Лебедеве // Очерки истории русской науки. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 149–166. Лазарев П.П. Воспоминания о П.Н. Лебедеве // УФН. Т. 77, вып. 4. – 1962. – С. 571; Храмов Ю.А. Петр Николаевич Лебедев и его школа (К 120-летию со дня рождения) // УФН. Т. 150, вып. 4. – 1986. – С. 585–597; Капцов Н.А. Воспоминания о Петре Николаевиче Лебедеве // УФН. Т. 46, вып. 3. – 1952. – С. 325–328; Капцов Н.А. Роль Петра Николаевича Лебедева в создании научно-исследовательских кадров // УФН. Т. 77, вып. 4. – 1962. – С. 583–588.

институте при Страсбургском университете, у А. Кундта, у которого он стажировался с 1887 по 1891 г. Именно здесь в глубоко научной атмосфере намечился план его будущих физических работ. В 1891 г. П.Н. Лебедев, получив степень доктора философии Страсбургского университета, вернулся в Москву, полный планов и идей.

Научная школа П.Н. Лебедева начинает формироваться со времени его возвращения в Москву. Поводом к ее возникновению была обширность задуманной им еще в Страсбурге исследовательской программы по изучению пондеромоторного действия электромагнитных волн (включая свет) на вещество и применению результатов этого изучения для выяснения природы молекулярных сил. В тесном помещении лаборатории Лебедев развернул физические исследования. Совмещая педагогическую работу с чисто научной, он реализовывал свою программу. Основной ее целью было опытное обоснование давления света. Здесь же он устроил и мастерскую для изготовления необходимых приборов. В конце 1890-х – начале 1900-х гг. с Лебедевым работало лишь несколько учеников: П.Б. Лейберг, В.-В.Я. Альтберг, Т.П. Кравец и др. Через 10 лет число учеников насчитывало не менее двух десятков. Среди них были известные впоследствии физики: П.П. Лазарев, С.И. Вавилов, В.К. Аркадьев, Н.Н. Андреев, Н.А. Капцов, Т.П. Кравец, А.Р. Колли, В.Д. Зернов, Н.П. Неклепаев, А.Б. Мюлджеевский, А.С. Предводителев, Н.К. Щодро, В.И. Эсмарх и др. Тематика экспериментальных исследований определялась проблемами давления волн любой природы, пондеромоторного действия волн на резонаторы, вообще – вопросами электромагнитных колебаний и волн и использования их для изучения строения вещества.

Огромное значение для обучения и воспитания учеников имели еженедельные коллоквиумы по типу кундтовских, которые Лебедев впервые в России организовал в 1901 г. при физической лаборатории. На них обсуждались новинки литературы, постановка экспериментов, докладывались результаты исследований. «Интерес к коллоквиуму по мере его развития рос, и его посещали не только все работники лаборатории Лебедева, но и все работающие в Москве физики... Перед слушателями прошли все современные крупные вопросы физики. Учение о газовых разрядах, развитие радиоактивности, рентгеновские лучи, учение о черном теле, тепловая теорема Нернста – все это находило отражение в докладах на коллоквиумах и т. д.»¹.

¹ Лазарев П.П. Воспоминания о П.Н. Лебедеве // П.П. Лазарев. Очерки истории русской науки. – М.–Л., 1950. – С. 149–166.

Но главная работа с учениками проходила в лаборатории, которая после открытия Физического института (1903) называлась Лабораторией для занимающихся самостоятельными научными исследованиями и возглавлялась Лебедевым. Двумя другими лабораториями (более учебного характера) руководили Н.А. Умов, вернувшийся в Московский университет в 1893 г. и возглавивший после смерти Столетова его кафедру (1896), и А.П. Соколов. В институте располагалась и четвертая – термохимическая – лаборатория В.Ф. Лугинина¹. К организации работ в лаборатории П.Н. Лебедев относился очень внимательно и с большой любовью, считая это делом своей жизни. Лаборатория работала по определенному плану и определенной программе, составленным им самим. В темах, предлагаемых практикантам, всегда была определенная цель и ясно выработанный метод решения основного вопроса. Исследования в этот период были сосредоточены в двух направлениях – физической акустики и физики электромагнитных колебаний. Работы Лебедева с учениками по первому направлению привели к возникновению молекулярной ультразвуки. Другая серия исследований стала продолжением его собственных ранних работ в этой области.

Воспитывая исследователей, Лебедев использовал советы и методы своего учителя А. Кундта. Он учил начинающих физиков «физически работать», помогая осваивать все тонкости экспериментального мастерства, и «физически мыслить», призывая глубоко продумывать вопросы и грамотно излагать свои мысли. В результате на базе физической лаборатории окончательно оформилась (1904–1911) его школа экспериментальной физики. Это была первая отечественная физическая школа, со своим стилем, для которого характерны четкость в постановке задачи, высокая требовательность к технике эксперимента, глубокая научная принципиальность, со своей тематикой и программой, коллективным духом, истинно научной атмосферой².

Школе Лебедева был нанесен серьезный урон погромом университета, который учинил министр Л.А. Кассо в 1911 г., и последовавшей вскоре кончиной ученого. Часть учеников Лебедева осталась в университете, другая часть – в Лебедевской лаборатории, открывшейся с осени 1911 г. в рамках Университета им. А.Л. Шаняевского при поддержке Леденцовского общества, куда он перенес свою деятельность после ухода

¹ Корзухина А.М. Институционализация преподавания физики в Петербургском и Московском университетах (1863–1917) // ВИЕТ. В. 3. – 1995. – С. 122–127.

² Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 58.

из университета и где в течение нескольких месяцев в тяжелых условиях на частные средства продолжал исследования вместе с П.П. Лазаревым, Н.К. Щодро, А.К. Тимирязевым и др. Здесь он выполнил последнюю работу по магнетизму вращающихся тел. Здесь же возродил свои знаменитые коллоквиумы, значительно расширив их рамки. После смерти Лебедева школа продолжала существовать, руководимая П.П. Лазаревым.

К первой русской школе экспериментальной физики относятся *В.Я. Альтберг, Н.Н. Андреев, В.К. Аркадьев, Е.В. Богословский, Д.Д. Галанин, В.Д. Зернов, Б.В. Ильин, Н.А. Капцов, А.Р. Колли, Т.П. Кравец, П.П. Лазарев, П.Б. Лейберг, А.Б. Млодзевский, Н.П. Неклепаев, В.И. Романов, А.К. Тимирязев, Н.Е. Успенский, Н.К. Щодро, К.П. Яковлев* и др. Незадолго до смерти Лебедева к его школе примкнули *С.И. Вавилов, С.Н. Ржевский, Т.К. Молодой* и др.

В годы советской власти эта школа распалась на несколько, в основном московских, школ, главными из которых были: школа П.П. Лазарева (биофизика, оптика, физическая химия, молекулярная физика), ответвившиеся вскоре от нее оптическая школа С.И. Вавилова, молекулярно- и теплофизическая школа А.С. Предводителева и др., школа В.К. Аркадьева (магнетизм); школа Н.Н. Андреева (акустика); школа Н.А. Капцова (физика газового разряда) и школа Т.П. Кравца (научная фотография)¹.

2.2. Зарубежные физические школы первой половины XX в.

Период конца XIX – начала XX вв. ознаменовал переход к новой физике, который характеризовался ломкой многих устоявшихся законов, принципов, теорий и закономерностей классической физики. На это время приходится: открытия рентгеновских лучей (В. Рентген, 1895), радиоактивности урана (А. Беккерель, 1896), электрона (Дж.Дж. Томсон, 1897), радиоактивных элементов полония и радия (М. Склодовская-Кюри, П. Кюри, 1898), идея квантов энергии (М. Планк, 1900), закон радиоактивных превращений (Э. Резерфорд, Ф. Содди, 1902–1903). Поэтому 1895–1904 гг. являлись годами революционных изменений в физике, годами перехода к современной физике. В этот же период было изобретено радио (А.С. Попов, 1895), обнаружено явление расщепле-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 59.

ния спектральных линий в магнитном поле (П. Зеeman, 1896), измерено давление света на твердые тела (П.Н. Лебедев, 1899), введена фундаментальная постоянная h (М. Планк, 1900), установлены общие преобразования пространственных координат и времени при переходе в движущую систему отсчета (Х. Лоренц, 1904), предложены модели строения атома (Ж. Перрен, Дж.Дж. Томсон, Х. Нагаока). Процесс крутой ломки старых понятий, когда отбрасывались старые принципы науки и открывались новые свойства материального мира, часть физиков квалифицировала как кризис физики¹. Однако указанные годы явились этапами в переходе к новой, современной физике, фундамент которой заложили специальная теория относительности и квантовая теория. Новый период в развитии физики характеризовался проникновением научной мысли в глубину материи, к ее микроструктуре. Уже первая половина XX в. ознаменовалась развитием всей физической науки в целом. Были созданы новые фундаментальные физические теории, составившие основу современной физики: релятивистская механика, квантовая механика и электродинамика, квантовая теория поля. В результате возникла новая квантово-релятивистская картина мира. Появились ускорители заряженных частиц, были открыты новые элементарные частицы, взаимодействия – сильные и слабые. Возникли новые разделы физики: атомная и ядерная физика, физика твердого тела, физика элементарных частиц и т. д. Кроме того, усилилась связь физики с техникой и производством. Именно физика внесла наиболее существенный вклад в научно-технический прогресс и революционизировала саму науку и способ производства².

Обширный фронт исследований в широком тематическом спектре, созданный в современной физике, способствовал значительному увеличению числа физических учреждений и научных работников в них. Основной прогресс в физике стала деятельность больших коллективов исследователей и научных школ. Именно с научными школами в большинстве своем связано возникновение новых физических наук и направлений – ядерной и нейтронной физики, ускорительной техники, физики полупроводников, ряда разделов физики твердого тела, физики низких температур и др., новых теорий – квантовой механики, квантовой электродинамики, квантовой теории поля и др. К таким школам относятся школы Н. Бора, М. Борна, С.И. Вавилова, А. Зоммерфельда, А.Ф. Иоффе, Х. Камерлинг-Оннеса, И.В. Курчатова, Л.Д. Ландау, Л.М. Мандельштама, Э. Ре-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 63.

² Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М.: Атомиздат, 1977.

зерфорда, Д.С. Рождественского, И.Е. Тамма и Э. Ферми, которые являлись ведущими физическими школами первой половины XX в.

2.2.1. Школа ядерной физики Э. Резерфорда

Эрнест Резерфорд (1871–1937) был не только великим физиком, но и выдающейся личностью, замечательным учителем, воспитавшим не одно поколение исследователей по физике ядра и создавшим всемирно известную физическую школу¹. Он привлекал в науку молодых людей силой своего таланта и научного авторитета, а также обаянием своей личности, не говоря еще о том, что он умел находить одаренных студентов и выявлять самостоятельность их мышления. Ученики отмечают, что Э. Резерфорда характеризовали простота, доброта, обаяние, честность, чувство долга, юмор. Ему была присуща вулканическая энергия, находящая выражение в его энтузиазме, огромной работоспособности. В научном плане его отличали полная отдача исследованиям, потрясающая интуиция, мощное экспериментальное чутье. Он тонко чувствовал, где можно ждать фундаментальных результатов. Поэтому все, что он делал сам и поручал делать другим, неизменно приводило к научному успеху. Э. Резерфорд обладал и качеством дарить идеи своим ученикам. Ряд крупнейших открытий были сделаны учениками Резерфорда, когда они работали с ним.

В 1895 г. Э. Резерфорд в числе немногих способных выпускников новозеландцев направился в Кембриджский университет и в качестве исследователя-студента стал первым учеником Дж.Дж. Томсона. На Томсона произвело глубокое впечатление проведенное Резерфордом исследование радиоволн, и он в 1896 г. предложил совместно изучать воздействие только что открытых рентгеновских лучей на электрические разряды в газах. Их сотрудничество увенчалось весомыми результатами, включая открытие Томсоном электрона – атомной частицы, несущей отрицательный электрический заряд. После этой работы Резерфорд занялся изучением атомной структуры. В 1898 г. Резерфорд стал профессором Макгиллского университета в Монреале, где эксперименталь-

¹ Данин Д.С. Резерфорд. – М.: Молодая гвардия, 1966; Капица П.Л. Роль выдающегося ученого в развитии науки: Доклад на открытии Международного коллоквиума, посвященного 100-летию со дня рождения Э. Резерфорда // Техника – молодежи. – 1972. – № 1. – С. 14–15; Резерфорд – ученый и учитель: К 100-летию со дня рождения / Под ред. П.Л. Капицы. – М.: Наука, 1973; Старосельская-Никитина О.А. Эрнест Резерфорд (1871–1937). – М.: Наука, 1967.

но исследовал радиоактивное излучение урана и открыл испускание альфа- и бета-лучей, а также обнаружил, что радиоактивный торий испускает газообразный радиоактивный продукт, который он назвал «эманация»¹. Резерфорд и Ф. Содди первые объясняют радиоактивный распад как самопроизвольный переход одних элементов в другие. Именно в эти годы Резерфорд заложил фундамент своей будущей школы физиков. В университете Мак-Гилла у Э. Резерфорда появляются и первые ученики – О. Ган, Г. Кук, С. Аллен, Г. Брукс, Г. Барнс и др.²

В 1907 г. Резерфорд занял пост профессора физики в Манчестерском университете (Англия), где начала формироваться его обширная научная школа. Она представлена Х. Гейгером, Э. Марсденом, Г. Мозли, Дж. Чедвиком, Дж. Нэттолом, У. Маковером, Г. Ричардсоном, Г. Робинсоном, Т. Ройдсом, У. Роулинсоном, Э. Андраде, Ч. Дарвином, Н. Бором, Д. Хевеши, О. Ганом, А. Расселом, К. Фаянсом, А. Вудом, Дж. Грем и др.³ В Манчестере у Резерфорда проходили практику и некоторые русские физики и химики: В.А. Бородавский, профессор Московского университета Н.А. Шилов, Ядвига Шмидт (работала у А.Ф. Иоффе в Ленинграде)⁴. В 1908 г. Резерфорду была присуждена Нобелевская премия по химии «за проведенные им исследования в области распада элементов в химии радиоактивных веществ»⁵.

В Манчестере Э. Резерфорд продолжил исследования природы альфа-излучения. С Х. Гейгером в 1908 г. он построил счетчик, с помощью которого можно было обнаружить отдельную альфа-частицу. Работая с Х. Гейгером, а также с Т. Ройдсом, Резерфорд показал, что альфа-частица – это дважды ионизированный атом гелия. На основе экспериментов по бомбардировке золотой фольги альфа-частицами, проводимых с Х. Гейгером и Э. Марсденом, Резерфорд в 1911 г. сформулировал ядерную модель атома, согласно которой положительно заряженные частицы сосредоточены в тяжелом центре атома, а отрицательно заряженные (электроны) находятся на орбите ядра, на значительном расстоянии от него. Признание теории Резерфорда началось с 1913 г., когда к работе

¹ Ларина О.В., Гитун Т.В., Пивоваров И.А., Щеглов А.В. Лауреаты Нобелевской премии. – М.: Дом славянской книги, 2006. – С. 228–229.

² Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 76.

³ Там же, с. 77.

⁴ Кедров Ф. Целная реакция идей: Серия «Творцы науки и техники». – М.: Знание, 1975. – С. 23.

⁵ Ларина О.В., Гитун Т.В., Пивоваров И.А., Щеглов А.В. Лауреаты Нобелевской премии. – М.: Дом славянской книги, 2006. – С. 229.

ученого в Манчестерском университете подключился датский физик Нильс Бор. Бор показал, что в терминах предлагаемой Резерфордом структуры могут быть объяснены общеизвестные физические свойства атома водорода, а также атомов нескольких более тяжелых элементов. Кроме того, Резерфордом и Дж. Нэттолом в 1913 г. и Э. Марсденом в 1914 г. экспериментально было доказано существование протона, а его ученик Г. Мозли установил закон, связывающий частоту спектральных линий характеристического рентгеновского излучения с порядковым номером элемента. Исходя из своего закона, Г. Мозли предположил, что атомный номер соответствует заряду ядра.

Манчестерская физическая школа интенсивно развивалась. Все больше и больше молодых физиков приходило в лабораторию, чтобы работать под руководством Резерфорда. Однако, прежде чем приступить к научным исследованиям, они должны были пройти практический курс по радиоактивности, который вел Х. Гейгер. Только после этого они становились полноправными членами школы и включались в научную работу в лаборатории.

С началом Первой мировой войны школа Э. Резерфорда практически распалась, так как многие из его учеников ушли на фронт, в августе 1915 г. в сражении был убит Г. Мозли. Лаборатория была переоборудована и переориентирована на проведение гидроакустических исследований. В 1919 г. Резерфорд возобновил эксперименты по бомбардировке альфа-частицами легких ядер и первым осуществил искусственную ядерную реакцию, бомбардируя быстрыми альфа-частицами атомы азота и получив при этом кислород.

В 1919 г. Резерфорд перешел в Кембриджский университет, став преемником Томсона в качестве профессора экспериментальной физики и директора Кавендишской лаборатории, а в 1921 г. занял должность профессора естественных наук в Королевском институте в Лондоне. Здесь он продолжил опыты по бомбардировке различных элементов альфа-частицами. Совместно с Дж. Чэдвиком он продолжил изучение эффектов, сопровождающих прохождение альфа-частиц через азот и кислород. В результате длительных экспериментов Резерфорду удалось вызвать ядерные реакции в 17 легких элементах. В 1921 г. он высказал предположение о возможности существования нейтральной частицы – нейтрона. Дальнейшие работы Резерфорда и его школы посвящены изучению искусственной радиоактивности различных элементов.

Резерфорд привлекал к работе в своей лаборатории в Кембридже много талантливых молодых физиков, которые стекались со всех кон-

цов мира. Его учениками в кембриджский период были П. Блэккетт, Дж. Кокрофт, Дж. Чедвик, Э. Уолтон, С. Пауэлл, М. Олифант, Н. Фезер, Х. Баба, С. Девонс, У.Б. Льюис, Г. Вебстер Дж. Гендерсон и др. Петр Капица был первым советским ученым, принятым Резерфордом в Кавендишскую лабораторию для стажировки. У Резерфорда в разное время работали советские физики-атомщики: Ю.Б. Харитон, А.И. Лейпунский, К.Д. Синельников. В Кавендишской лаборатории побывали теоретики Я.И. Френкель и Л.Д. Ландау, а также Н.Н. Семёнов и другие выдающиеся ученые¹. Глубокая заинтересованность Резерфорда в проводимых исследованиях и четкое руководство помогали поддерживать высокий уровень работ, осуществляемых в его лаборатории. Наряду с присущим ему как теоретику даром предвидения Резерфорд обладал практической жилкой. Именно благодаря ей он был всегда точен в объяснении наблюдаемых явлений, какими бы необычными они на первый взгляд ни казались.

В отношении молодежи Э. Резерфорд считал, что исследователь-студент должен сам думать и задавать себе вопросы, а учитель должен не столько отвечать на вопросы, сколько стимулировать его ставить вопросы себе самому. Посещая студентов на их рабочих местах, Резерфорд устраивал им небольшой экзамен, спрашивая, что они делают, как и почему, и в конце следовала проверка результатов. Одним из требований Э. Резерфорда было требование простоты во всем – в объяснении фактов, в постановке задачи и др. Простые идеи и приборы, но весомые результаты, простые представления, но глубокие выводы – такова была характерная черта Кавендишской лаборатории. Немаловажное значение для исследователей-студентов имели лекции под названием «Строение материи», которые давали панораму развития атомной физики за несколько десятилетий, неотделимой от деятельности Кавендишской лаборатории и самого Резерфорда.

Важными событиями в жизни Кавендишской лаборатории были и еженедельные коллоквиумы, которые проходили в Максвелловской аудитории под председательством Резерфорда. Лекторами обычно выступали видные ученые, и лекции предназначались в основном для преподавателей университета, приезжих ученых и исследователей. В заключение Резерфорд давал оценку лекции, комментировал ее, делал критические замечания, задавал вопросы, инициировал вопросы аудитории.

¹ Кедров Ф. Цепная реакция идей: Серия «Творцы науки и техники». – М.: Знание, 1975.

В руководстве исследователями-студентами Э. Резерфорд опирался на своих ближайших помощников. В Манчестере таким доверенным лицом был Х. Гейгер, здесь, в Кембридже, – сначала Дж. Чэдвик, затем Ч. Эллис, Дж. Кокрофт, П.Л. Капица и М. Олифант. Многие старшие коллеги фактически руководили начинающими физиками. В лаборатории Резерфорда всегда была деловая, творческая обстановка, а ученики для Резерфорда, в свою очередь, играли огромную роль, не позволяя ему отставать от жизни, заставляя быть в курсе всего нового. В результате Э. Резерфорду удалось воспитать многих самостоятельных исследователей, внесших большой вклад в развитие физики и создавших свои собственные коллективы учеников. Девять его учеников: П. Блэкетт, Н. Бор, О. Ган, П.Л. Капица, Дж. Кокрофт, С. Пауэлл, Э. Уолтон, Д. Хевеши, Дж. Чэдвик – стали лауреатами Нобелевской премии, а Н. Бор, П. Блэкетт и С. Пауэлл – к тому же основателями своих научных школ. Резерфорду выпало редкое счастье наблюдать за результатами и успехами своих многочисленных учеников. Прекрасно понимая возрастающую роль коллективного труда в современной науке, он говорил: «Успех ученых зависит не от идей отдельного человека, а от объединенной мудрости многих тысяч людей, размышляющих над одной и той же проблемой, и каждый вносит свою небольшую лепту в великое здание знания, которое постепенно воздвигается»¹.

2.2.2. Лейденская школа Камерлинг-Оннеса

С именем видного нидерландского физика-экспериментатора *Хейке Камерлинг-Оннеса*² (1853–1926) связано не только появление нового научного направления – физики низких температур, но и создание первой низкотемпературной физической школы. Последняя неразрывно связана с организованной им криогенной лабораторией, получившей под его началом бурное развитие и широкое общественное признание, став фактически крупным научно-исследовательским институтом. По мере развития лаборатории формировалась и его школа. Все это стало возможным благодаря тому, что Оннес обладал незаурядным талантом экспериментатора и организатора, огромной энергией, неиссякаемым

¹ Резерфорд Э. Избранные научные труды. Строение атома и искусственное превращение элементов. Т. 2. – М.: Наука, 1972. – С. 492.

² Финкельштейн А.М., Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Зеленин К.Н. Нобелевские лауреаты по физике: 1901–2004. В 2 т. Т. 1. 1901–1964. – СПб.: Гуманистика, 2005. – С. 258–264; Кеззом В. Геллий. – М.: Изд-во иностр. лит., 1949.

энтузиазмом, большой изобретательностью, трудолюбием, целеустремленностью, интуицией, доброжелательностью.

Интерес ученых к изучению свойств жидких и твердых газов был характерен еще с начала XVIII в. (эксперименты голландского физика Мартина Ван Марума и француза Антуана Лорана Лавуазье). В середине XIX в. были проведены эксперименты Томаса Эндрюса по влиянию давления и температуры на состояние вещества, результаты которых обобщены Йоханесом Ван-дер-Ваальсом. В конце 80-х годов XIX столетия в исследованиях низких температур наступил новый этап¹, который характеризовался стремлением к получению все более низких температур, ближайших к абсолютному нулю, и изучением при этих температурах явлений и свойств вещества. На этом этапе и началась научная деятельность Х. Камерлинг-Оннеса.

Хейке Камерлинг-Оннес в 1870 г. поступил в Гронингенский университет. Три семестра (1871–1873) он провел в Гейдельбергском университете (Германия), где его занятиями руководили химик Роберт Бунзен и физик Густав Кирхгофф. Затем продолжил учебу в Гронингенском университете, где в 1879 г. блестяще защитил докторскую диссертацию, в которой предложил новое доказательство вращения Земли. С 1878 по 1882 год он читал лекции в Политехническом училище (позднее преобразованном в Технический университет) в Дельфте, где заявил о себе как многообещающий ученый.

В 1882 г. он стал профессором экспериментальной физики Лейденского университета и руководителем физической лаборатории, которая с 1883 по 1885 г. специализировалась на создании криогенного оборудования и проведении низкотемпературных исследований. В 1894 г. на ее базе была организована Лейденская криогенная лаборатория, которой он руководил до 1923 г., а в 1932 г. она получила современное название – Лаборатория Х. Камерлинг-Оннеса². Исследования в лаборатории проводились в двух направлениях – в области молекулярной физики и низких температур (уравнение состояния, свойства смесей, критические явления, закон соответственных состояний, изотермы газов) и изучения термодинамических, электрических, магнитных и оптических свойств тел при этих температурах³. Под влиянием работ Ван-дер-Ваальса Ка-

¹ Мендельсон К. На пути к абсолютному нулю: Введение в физику низких температур. – М.: Атомиздат, 1971.

² Gorter C., Taconis K. The Kamerlingh Onnes Laboratory // Cryogenica. – 1964. – 4. – P. 345–353.

³ Эренфест П. Относительность. Кванты. Статистика. – М.: Наука, 1972. – С. 204.

мерлинг-Оннес заинтересовался уравнениями состояния и общими термодинамическими свойствами жидкостей и газов. Однако он понимал, что на том этапе исследования вещества необходимо не совершенствование существующей теории, а разработка обширной программы точных измерений объема, давления, температуры для газов и жидкостей в их взаимосвязи. Важной частью этой программы было распространение этих измерений до самого низкого достижимого уровня температуры.

В университете Х. Камерлинг-Оннес проявил себя крупным организатором науки, положившим начало новому подходу к планированию и руководству научными исследованиями, понимающим важность тщательного планирования и организации успешного эксперимента и развивающим физические идеи в таком масштабе, в каком они никогда раньше не осуществлялись в физических лабораториях. Каждый его эксперимент был строго продуман и подготовлен. В 1904 г. при вступлении в должность ректора университета Х. Камерлинг-Оннес изложил программу криогенной лаборатории, а все последующие годы стремился ее реализовать и превратить лабораторию в специализированный научно-исследовательский институт.

Х. Камерлинг-Оннес был также первым ученым, который понял, что время профессоров-любителей прошло, что сложная современная экспериментальная техника требует хорошо подготовленного вспомогательного персонала. В 1901 г. он основал при лаборатории Школу прибористов и стеклодувов. Днем учащиеся школы работали в лабораторных мастерских, а по вечерам слушали теоретический курс, который им читали сотрудники Оннеса. Это позволило проводить в лаборатории многие сложные эксперименты.

Другим проявлением дальновидности Х. Камерлинг-Оннеса было основание им в 1885 г. научного журнала «Сообщения из физической лаборатории Лейденского университета», в котором печатались результаты экспериментальных работ, выполненных в его лаборатории, теоретические же обзоры публиковались в «Приложениях» к «Сообщениям...». В результате уникальные работы, проводимые Камерлинг-Оннесом с учениками и сотрудниками, становились доступными широкому кругу физиков, работающих в области физики низких температур.

В 1892–1894 гг. он сконструировал высокопроизводительную ожигательную установку каскадного типа для кислорода, азота и воздуха, а в 1906 г. получил жидкий водород с использованием эффекта дросселирования. Параллельно с совершенствованием низкотемпературного оборудования Камерлинг-Оннес с сотрудниками разрабатывал точные ме-

тоды измерения температур, давлений и объемов. Он исследовал изотермы газов и газовых смесей в широком интервале давлений и температур, конденсацию и критические явления в смесях, давление паров, плотность, вязкость и капиллярность ожиженных газов, оптические, магнитные и электрические свойства вещества при низких температурах и др.¹ Х. Камерлинг-Оннес разработал метод получения жидкого гелия, в 1908 г. впервые получил жидкий гелий и измерил его температуру. За это достижение он был удостоен Нобелевской премии 1913 г.

В процессе реализации программы достижения все более низких температур, создания соответствующего оборудования, получения жидких водорода и гелия, исследования свойств вещества при водородных и гелиевых температурах создавался коллектив специалистов в области криогеники, формировалась первая научная школа в этой области. Фундаментом ее и руководителем на протяжении более 30 лет был Камерлинг-Оннес.

В 1911 г. Камерлинг-Оннес открыл явление сверхпроводимости у ртути, затем у олова, свинца, таллия и др., а в 1913 г. обнаружил разрушение сверхпроводимости под влиянием сильных магнитных полей и токов. В 1924 г. он с сотрудниками показал возможность создания незагорающего тока в кольце, состоящем из двух различных сверхпроводников, находящихся в контакте. Первый предложил использовать сверхпроводящую обмотку для создания очень сильного магнитного поля. Камерлинг-Оннес активно решал и задачу транспортировки жидкого гелия: в 1924 г. удалось транспортировать его из одной комнаты лаборатории в другую, а в 1931 г. криостат, наполненный жидким гелием, доставили из Лейдена в Лондон. Постепенно создавались криогенные центры по всему миру: в 1923 г. в Торонто по чертежам Камерлинг-Оннеса ожижителя построил Дж. Мак-Леннан, в 1925 г. в Берлинском институте мер и стандартов гелиевый ожижитель по своему проекту построил В. Мейсснер, стажировавшийся в свое время в Лейдене у Оннеса, в 1930 г. была создана криогенная лаборатория в Харьковском физико-техническом институте под руководством Л.В. Шубникова. В последующие годы криогенные центры были основаны также в Оксфорде, Кембридже, Беркли, Вашингтоне, Москве.

Однако влияние Лейденской криогенной лаборатории продолжало оставаться значительным, так как она была международным центром криогенных исследований. В ней работали и стажировались, получая

¹ Keesom M.H. Prof. Dr. Kamerlingh Onnes // *Physica*. – 1926. – 6e. – № 3. – P. 81–98.

«криогенное образование», ученые из многих стран мира, в том числе из России: Л.В. Шубников, О.Н. Трапезникова, И.В. Обреимов и др. После выхода Камерлинг-Оннеса в отставку в 1923 г. криогенная лаборатория была расширена и реконструирована по его проекту, а ее руководителями (содиректорами) стали его ученики В. де Хаас и В. Кеезом. Лаборатория всегда была основой школы физиков-экспериментаторов, созданной и руководимой Х. Камерлинг-Оннесом. Ядро этой школы составляли нидерландские ученые: *В. де Хаас, В. Кеезом, П. Зеeman, К. Кроммелин, Я. Клей, М. де Хаас, Ш. Хартман* и др. Из зарубежных ученых, принадлежащих к научной школе Камерлинг-Оннеса, следует назвать *Ж. Беккереля, П. Вейсса, Э. Матюаса* (Франция), *Ж. Вершафельта* (Бельгия), *Л. Джексона, Р. Хадфильда* (Англия), *Л. Дана* (США), *Б. Бекмана* (Швеция), *Л. Вегарда* (Норвегия), *С. Вебера* (Дания), *А. Перье* (Швейцария), *М. Вольфке* (Польша), *Дж. Паласиуса* (Испания) и др.¹ Некоторые ученики Камерлинг-Оннеса, став крупными учеными, сами воспитали многих учеников и создали собственные школы. Так, широко известны низкотемпературные школы В. де Хааса и В. Кеезома и магнитная школа П. Вейсса. Велик вклад Камерлинг-Оннеса и его школы также в прикладные исследования и промышленность. Лично Камерлинг-Оннес многое сделал для создания Международного института холода. Таким образом, Лейденская лаборатория и лейденская школа внесли большой вклад в физику низких температур, заложив ее основы и открыв новые направления.

2.2.3. Мюнхенская теоретическая школа А. Зоммерфельда

Арнольд Зоммерфельд (1868–1951) представляет собой заметную фигуру на грани двух эпох в истории физики. Он был выдающимся немецким физиком-теоретиком, который превратил классическую физику в новую, или квантовую. Он был еще и выдающимся учителем, педагогом, обладающим искусством открывать и создавать физиков². Он создал в Мюнхене физическую школу – первую в мире школу по теоретической физике, в которой сформировались многие известные теоретики.

С 1886 г. он изучал математику в Кенигсбергском университете, который был одним из первых университетов, где теоретическая физика утвердилась в роли самостоятельного предмета. Среди его наставников были такие выдающиеся ученые, как Д. Гильберт, К. Линдеман и

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 116.

² Зоммерфельд А. Пути познания в физике. – М.: Наука, 1973. – С. 247.

А. Гурвиц. В 1893 г. после прохождения военной службы Зоммерфельд перебирается в Геттинген, в те времена главный математический центр Германии. В 1894 г. он становится ассистентом Феликса Клейна в Математическом институте в Геттингене. Ф. Клейн стал для А. Зоммерфельда истинным и основным учителем, достойным подражания, и с ним у него завязываются дружеские отношения. Под руководством Клейна он пишет в 1895 г. докторскую диссертацию «Математическая теория дифракции», а в 1897 г. получает место профессора математики Горной академии в Клаустале. С 1900 г. А. Зоммерфельд заведует кафедрой технической механики в техническом институте в Ахене. В этот период он создает себе прочную научную репутацию, опубликовав работы по динамической прочности материалов, гидродинамической теории смазки, а также динамике электронов, дифракции рентгеновских лучей, сопротивлению катушек переменному току. В Ахене у него появился первый ученик – П. Дебай. В 1906 г. Зоммерфельд возглавил кафедру теоретической физики Мюнхенского университета и Институт теоретической физики университета.

В Мюнхене А. Зоммерфельд получил свои наиболее значительные научные результаты. Основные работы Зоммерфельда посвящены теории относительности, квантовой теории атома, спектроскопии, математической физике¹: в 1909 г. он решил задачу об излучении вертикального диполя, находящегося на границе двух сред; в 1915–1916 гг. усовершенствовал модель атома Бора, создав квантовую теорию эллиптических орбит. В это же время ввел радиальное и азимутальное квантовые числа, объяснил тонкую структуру спектров водородоподобных атомов. Совместно с П. Дебаем построил квантовую теорию аномального эффекта Зеемана (1916) и ввел магнитное квантовое число. Предположив, что свободные электроны в металлах ведут себя подобно разреженному газу, подчиняющемуся статистике Ферми – Дирака, объяснил такие эффекты, как джоулево тепло, термоэлектрический эффект (1928). Он внес существенный вклад в исследование рентгеновских лучей, разработал теорию тормозного излучения электронов (1931). В 1919 г. появился основополагающий труд А. Зоммерфельда «Строение атома и атомные спектры», сыгравший важную роль в понимании и общем признании квантовой теории². Он выдержал ряд изданий с дополнением новых данных и представлял, по сути, историю развития теории атома и атомной

¹ Энциклопедия «Кругосвет» (<http://www.krugosvet.ru/>)

² Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. В 2 т. – М.: Гостехтеориздат, 1956.

спектроскопии за период 1916–1946 гг. Результаты самого Зоммерфельда и его учеников в рассматриваемой области дали большой материал для обобщений и осмыслений и, по словам В. Паули, «этим была подготовлена почва для квантовой механики, созданной учеником Зоммерфельда Гейзенбергом»¹.

Научная деятельность А. Зоммерфельда представляла только одну грань его творчества и таланта. Вторая грань заключалась в его большой и очень плодотворной преподавательской деятельности. В университете А. Зоммерфельд читал лекции по многим вопросам теоретической физики, причем не только по устоявшимся, но и дискуссионным. А. Зоммерфельд как учитель имел успех благодаря умению четко и правильно выразить идею, удачно выбрать предмет лекции, которая заставляла даже студентов младших курсов понимать, что за пределами установленной теории лежит область еще многих нерешенных задач. Однако он понимал, что по одним лишь лекциям крайне сложно постичь все премудрости науки. Поэтому он давал своим ученикам такие задачи, решая которые они познакомились бы с наиболее актуальными проблемами физики, при этом он сам принимал непосредственное участие в решении важнейших физических задач. На семинарах часто зачитывал письма Эйнштейна и Бора, в которых содержались новые размышления или результаты совместной работы.

Зоммерфельд организовал еженедельные коллоквиумы и неформальные утренние собрания в кафе Хофгартен, в которых участвовали также студенты из лаборатории Рентгена и Высшей технической школы. Они привлекали многих студентов и молодых исследователей даже издалека и вскоре сделали Мюнхен центром теоретической физики. Многие ученые воспитывались на коллоквиумах Зоммерфельда, на них постепенно формировались взгляды его ранних учеников. Именно здесь в 1910–1935 гг. была создана обширная теоретическая школа Зоммерфельда.

Секрет влияния Зоммерфельда сводился не только к хорошо организованному обучению, но определялся еще и обаянием его личности и той заинтересованностью, с которой он относился к молодежи. Большую часть своего времени Зоммерфельд отдавал своим ученикам, объединив их в общество, в котором со всей строгостью учителя, но вместе с тем по-дружески рассматривал даже личную жизнь. Он заботился не только о подготовке своих учеников как физиков, но и питал к ним симпатию, со многими из них у него были искренние дружеские отноше-

¹ Зоммерфельд А. Пути познания в физике. – М.: Наука, 1973. – С. 256.

ния. Эти открытые, подлинно человеческие отношения Зоммерфельда с учениками являлись объединяющей основой всего коллектива.

Таким образом, Арнольда Зоммерфельда отличали большой талант исследователя, вылившийся в выдающиеся научные результаты, любовь к науке, необыкновенный педагогический дар, заключавшийся в поразительной способности привлекать и поддерживать молодые таланты в сочетании с классической ясностью и четкостью изложения материала, огромное личное обаяние, сочетавшееся с простотой общения, доброжелательным отношением к молодежи, интересом к ней¹. Все это и сделало его воспитателем нескольких поколений физиков-теоретиков и создателем большой школы теоретической физики с центром в Мюнхене.

Первое предвоенное (до 1914 г.) поколение физиков, получивших под руководством Зоммерфельда докторскую степень, представляют П. Дебай, Л. Хопф, В. Ленц, Д. Хондрос, П. Эвальд, П. С. Эпштейн, А. Ланде; второе (послевоенное) – Э. Фюс, Г. Вентцель, В. Паули, В. Гейзенберг, Х. Хёнль, О. Лапорт; третье (после создания в 1925–1927 гг. квантовой механики) – Х. Гримм, А. Унсольд, В. Гайтлер, Х. Бете, Г. Фрелих. К его ученикам можно причислить также К. Бехерта, Л. Бриллюэна, К. Герцфельда, Ф. Заутера, М. Каталана, Э. Кембла, Э. Кондона, В. Косселя, Ф. Лондона, Ф. Морса, Г. Отта, Л. Полинга, И. Раби, В. Рубиновича, Н. Франка, В. Франца, К. Эккарта и др. Огромный личный вклад А. Зоммерфельда в науку и блестящие работы его учеников, шесть из которых (В. Гейзенберг, В. Паули, П. Дебай, Х. Бете, И. Раби и Л. Полинг) стали нобелевскими лауреатами, принимая самое активное участие в построении фундамента современной физики, создали славу мюнхенской теоретической школе².

В Мюнхене квантовая теория была обобщена на многократно периодические движения, построена систематика спектров, здесь же позднее квантовая теория была применена к электронам в металлах³. К достижениям школы можно отнести создание (1926) квантовой механики в матричной форме и разработку (1927) принципа неопределенности (В. Гейзенберг); построение (1929) общей схемы квантования полей, что завершило создание основ квантовой электродинамики (В. Гейзенберг, В. Паули); формулировку (1924–1925) принципа исключения, предсказание (1931) нейтрино и формулировку (1955) СРТ-теоремы (В. Паули); создание независимо от Д. Д. Иваненко протонно-нейтронной модели

¹ Храмов Ю. А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 127.

² Храмов Ю. А. Физики: Биограф. справ. – 2-е изд. – М.: Наука, 1983.

³ Хунд Ф. История квантовой теории. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 222.

ядра и построение теории ядерных сил, введение концепции изотопического спина (В. Гейзенберг, 1932); создание (1912) основ теории твердого тела (П. Дебай); открытие (1938–1939) независимо от Ч. Критчфильда и К. Вайцзеккера циклов термоядерных реакций в звездах главной последовательности (Х. Бете); первый квантово-механический расчет молекулы водорода (В. Гайтлер, Ф. Лондон, 1927); введение (1921) g -фактора и построение (1923) векторной модели атома (А. Ланде); разработку (1950) независимо от Дж. Бардина теории сверхпроводимости, основанной на рассмотрении электрон-фононного взаимодействия, предсказание изотопического эффекта (Г. Фрелих) и многое другое.

Ученики А. Зоммерфельда работали практически во всех областях теоретической физики и достигли крупных результатов, создали ряд новых научных направлений, поддерживая к тому же тесную связь с экспериментальной наукой. А такие ее представители, как В. Гейзенберг, Г. Вентцель, Л. Полинг и И. Раби, сформировали собственные научные школы¹.

2.2.4. Геттингенская теоретическая школа М. Борна

Макс Борн (1882–1970) вошел в историю физики как один из классиков современного естествознания и пионеров новой физики, одно из главных действующих лиц драматических событий 20-х годов, завершившихся созданием квантовой механики и ее интерпретации на основе его концепции вероятности. Создав всемирно известную теоретическую школу, он воспитал ряд поколений учеников, среди которых было много выдающихся теоретиков². Чтобы возглавить работу по созданию новой фундаментальной теории, которой стала квантовая механика, необходимо было быть не только гениальным физиком и мыслителем, обладающим глубоким философским подходом, но и талантливым организатором и воспитателем молодежи. И Борн был таким. Слагаемыми его успеха в создании школы физиков были яркий талант исследователя, высокий научный авторитет, активная преподавательская деятельность, личное обаяние.

Геттинген стал научной родиной Борна. В 1905–1907 гг. он изучал здесь математику у Ф. Клейна, Д. Гильберта и Г. Минковского. В 1905 г.

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 130.

² Гейзенберг В. Памяти Макса Борна // УФН. 102, вып. 1. – 1970. – С. 149–152; Смородинский Я.А. Памяти Макса Борна // Вести АН СССР. – 1970. – № 3. – С. 83–84.

Борн стал ассистентом Гильберта, в 1907 г. защитил диссертацию, посвященную теории устойчивости упругих тел. В 1907 г. Борн посещал в Кембридже лекции Дж.Дж. Томсона об электронах и строении вещества, вернувшись в Бреслау, занялся теорией. Ему удалось, соединив идеи Эйнштейна с математическим подходом Минковского, создать упрощенный метод вычисления массы электрона. По приглашению Минковского он вернулся в Геттинген, где занялся исследованиями свойств кристаллов и совместно с Т. Карманом разработал точную теорию зависимости теплоемкости от температуры, до сих пор являющуюся основой физики кристаллического состояния¹. После кратковременной работы профессором университетов в Берлине у М. Планка (1915–1919) и во Франкфурте-на-Майне (1919–1921) Борн в 1921 г. возвратился в Геттингенский университет, где стал профессором и директором Института теоретической физики при университете. Ему удалось одновременно пригласить в Геттинген своего друга, физика-экспериментатора Джемса Франка, возглавившего Институт экспериментальной физики. До того времени Геттинген славился математической школой: традиции Гаусса, Римана, Вебера продолжали Ф. Клейн и Д. Гильберт. Теперь благодаря Борну и Франку Геттинген стал также и центром атомной физики. Как результат тесного сотрудничества с Франком интересы самого Борна естественным образом склонялись к квантовой теории, которую он хорошо знал благодаря общению с Планком в Берлинском университете; Борну, мыслителю, воспитанному в духе математической точности, туманность теории Планка представлялась прежде всего странной. Летом 1922 г. в Геттинген был приглашен Нильс Бор. С этого момента началась интенсивная работа Борна над боровской теорией атомного строения, которая нашла отражение в многочисленных лекциях, семинарах и коллоквиумах².

Макс Борн оказался прирожденным учителем. Вскоре ему удалось собрать в институте ряд одаренных молодых теоретиков из различных стран и воодушевить их на совместную разработку сложных проблем квантовой теории. Наряду с Копенгагеном, где Нильс Бор создал новую квантовую теорию, и Мюнхеном, где Зоммерфельд своей работой по атомной структуре и анализу спектров основал школу, развивавшую новую атомную науку, теперь и Геттинген стал одним из центров разработки вновь возникшей дисциплины.

¹ Энциклопедия «Кругосвет» (<http://www.krugosvet.ru/articles/04/1000422/print.htm>)

² Гейзенберг В. Памяти Макса Борна // УФН. 102, вып. 1. – 1970. – С. 150.

Борн на своих семинарах внушал ученикам убеждение, что нужно стремиться не к тому, чтобы рассчитывать сложные модели атомов и молекул по законам старой механики, а к тому, чтобы создавать новую механику. Несмотря на это, он требовал от своих учеников и сотрудников, чтобы они основательно изучали наиболее сложные математические методы старой механики, докладывали о них на семинарах и обсуждали эти методы в дискуссиях. Он считал, что только из знания старой механики, доходящего до мельчайших подробностей, могло возникнуть ощущение простора, необходимого для формулировки новой атомной теории. Именно борновские семинары, часто проводившиеся по вечерам в одной из комнат его особняка в тесном дружеском кругу, сыграли первостепенную роль в возникновении этой новой теории. В числе участников семинара бывали Паули, Ферми, Хунд, Иордан, а позднее фрау Гёпперт-Майер и Дельбрюк. В то время многие из них были еще молодыми студентами, и лишь немногим было больше 25 лет. В дискуссиях борновского семинара была подготовлена почва для новой атомной физики. Уже в 1924 г. появился термин «квантовая механика»¹.

В 1925 и 1926 гг. в результате коллективной работы борновской школы появилась окончательная форма новой атомной теории. Со своим ассистентом В. Гейзенбергом и студентом П. Иорданом Борн разработал математическое обоснование квантовой механики. В статье «О квантовой механике», вышедшей в январе 1926 г., содержался в основном весь математический аппарат матричной механики, приводящий уравнения движения в атомных явлениях к определенным задачам алгебры и математического анализа. Новая теория, как писал впоследствии Борн, «дала настолько удовлетворительные результаты, что сомневаться в ее справедливости было уже невозможно»². Затем Борну удалось дать статистическую интерпретацию волновой функции, введенной Э. Шрёдингером, и показать, что квадрат ее амплитуды равен вероятности нахождения частицы в данной точке. Борн также разработал метод решения квантовомеханических задач о столкновениях частиц (борновское приближение), оказавшийся крайне важным для физики высоких энергий; ввел (совместно с Н. Винером) понятие оператора в квантовой механике; в 1927 г. разработал (совместно с Р. Оппенгеймером) теорию строения двухатомных молекул. За работы в области квантовой механики, в частности в статистической интерпретации волновой функции, М. Борн в 1954 г. был удостоен Нобелевской премии. В последующее

¹ Указ. соч. – С. 151.

² Борн М. Моя жизнь и взгляды. – М.: Прогресс, 1973. – С. 28.

время Борн вместе со своими более молодыми сотрудниками и учениками применял новую квантовую механику к самым различным проблемам строения атома, молекулярной физики, физики твердого тела.

С созданием квантовой механики борновский институт стал одним из мировых центров теоретической физики, центром притяжения для многих физиков из многих стран, добившихся впоследствии выдающихся результатов. Все, кто участвовал в становлении современной физики, считали необходимым приехать в Геттинген и рассказать Борну и его ученикам о полученных результатах, идеях и планах. Некоторое время у М. Борна работали советские физики В.А. Фок, Я.И. Френкель, Ю.А. Крутков, С.А. Богуславский, Ю.Б. Румер, испытывая на себе его благотворное влияние. В результате в 20-х годах Борном в Геттингене в процессе разработки новой теории была создана сильная теоретическая школа, благодаря которой в 1925–1926 гг. появилась окончательная форма новой атомной теории – матричная квантовая механика. В институте Борна в те годы работали или стажировались В. Паули, В. Гейзенберг, П. Иордан, В. Гайтлер, Ф. Хунд, Э. Хюккель, Л. Нордгейм, Р. Крониг, В. Эльзассер, М. Гёпперт-Майер, В. Вайскопф, Э. Хиллерос, Н. Винер, Дж. Майер, Р. Оппенгеймер и др., его гостями были Ю. Вигнер, П. Дирак, Э. Кондон, Ф. Лондон, Н. Мотт, Л. Полинг, Э. Теллер, Э. Ферми и др. Уже этот перечень имен говорит сам за себя, ведь большинство из теоретиков, примыкавших к геттингенской школе Борна, стали впоследствии ведущими учеными в физике.

Секрет Борна как воспитателя творческой молодежи, основателя и руководителя крупной теоретической школы заключался в широте его натуры и в сочетании таланта большого ученого с горячим сердцем хорошего человека¹. Многие ученики, сотрудники и коллеги М. Борна отмечали его необыкновенную скромность, человечность, доброту, веру в людей, общительность, прямоту в выражении своих взглядов и чувств, интерес к молодежи, умение находить способных учеников и сотрудников. Борн обладал энциклопедическими знаниями не только в области физики, но и всегда мог дать ответ на любой вопрос или ссылку на источник.

Для многих физиков Борн был первым непосредственным учителем, для некоторых же, как и Н. Бор, – вторым. Это связано с тем, что между существовавшими тогда пятью теоретическими школами – школами Зоммерфельда, Борна, Бора, Эренфеста и Фаулера – имело место тесное общение и обмен учениками. Именно коллективными усилиями представителей этих школ во главе со своими лидерами была создана

¹ Румер Ю.Б. Макс Борн // УФН. Т. 78. – 1962. – С. 695–699.

законченная система идей, методов и принципов квантовой механики, а в процессе ее оформления происходило и становление как исследователей многих представителей этих школ.

С приходом в Германии к власти в 1933 г. нацистов М. Борн и другие известные ученые вынуждены были покинуть Геттинген. Был разрушен один из центров мировой науки. В 1933–1936 гг. Борн читал лекции в Кембридже, а в 1936 г. занял пост профессора натурфилософии в Эдинбургском университете, где преподавал и проводил исследования до своей отставки в 1953 г. В Эдинбурге ему опять удалось собрать вокруг себя сотрудников и учеников и совместно с ними заняться физикой. Теперь его больше интересовало применение квантовой теории к взаимосвязанной материи. Появился ряд работ по статистической механике конденсированных систем, по теории жидкостей и по прикладным проблемам. Однако в это время интересы многих физиков были направлены к другим проблемам. В центр дискуссий была выдвинута физика атомного ядра. Но в развитии этой области физики Борн не принимал участия и наблюдал за развитием этой области с большой тревогой. Вернувшись в 1954 г. в Геттинген, продолжил научную работу, готовил свои труды и мемуары¹ к публикации и активно выступал с лекциями об ответственности ученых в связи с исследованиями в области создания оружия массового уничтожения. В 1955 г. М. Борн и еще 15 нобелевских лауреатов выступили с заявлением, осуждающим дальнейшую разработку и использование ядерного оружия.

Научное влияние Борна распространялось не только на его непосредственных учеников, но и на его близких друзей и коллег. Если же выделять непосредственных учеников Борна, принадлежащих к его теоретической школе, то перечень их, скорее всего, будет выглядеть так: *В. Паули, В. Гейзенберг, Ю. Вигнер, М. Гёпперт-Майер (нобелевские лауреаты), М. Блэкман, Э. Борман, К. Брестер, Э. Броди, М. Брэдбери, В. Вайскопф, Н. Винер, Э. Вольф, В. Гайтлер, Г. Грин, М. Дельбрюк, П. Иордан, Р. Крониг, В. Людвиг, Дж. Майер, Л. Нордгейм, Р. Оппенгеймер, Г. Пенг, Э. Теллер, К. Фукс, Р. Фюрт, Э. Хиллерос, Хуан Кунь, Ф. Хунд, Д. Хутон, Э. Хюккель, В. Эльзассер* и др.

¹ Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963; Борн М. Моя жизнь и взгляды. – М.: Прогресс, 1973; Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука. 1977.

2.2.5. Копенгагенская теоретическая школа Н. Бора

Одним из пионеров и создателей современной физики был *Нильс Бор* (1885–1963). Он внес в нее огромный вклад, оказав особенно сильное влияние на развитие квантовой теории и, в частности, на создание квантовой механики. Труды Бора оказали решающее влияние не только на физику, но и на современное научное мировоззрение¹. Н. Бор также наглядно продемонстрировал значение научного сотрудничества ученых разных стран для прогресса научного знания, создав большую интернациональную школу физиков-теоретиков и положив своей школой начало новому стилю исследовательской работы в теоретической физике².

Развитию дарований молодого Бора способствовало благоприятное социальное и научное окружение: он был сыном профессора физиологии Копенгагенского университета Х. Бора. Он рос и формировался в семье с глубокими духовными запросами, интересом к проблемам человеческой жизни, научными спорами. После окончания Копенгагенского университета и получения докторской степени Бор в 1911–1912 гг. продолжал образование в Кембридже у Дж. Дж. Томсона и в Манчестере у Э. Резерфорда. В Манчестере он занялся исследованиями по изучению радиоактивности элементов и вывел много следствий из ядерной модели атома, предложенной Резерфордом, которая не получила еще широкого признания. Применяя новую квантовую теорию к проблеме строения атома, Бор предположил, что электроны обладают некоторыми разрешенными устойчивыми орбитами, на которых они не излучают энергию. Только в случае, когда электрон переходит с одной орбиты на другую, он приобретает или теряет энергию. Теория Бора, сформулированная в 1913 г., объяснила структуру атома и ее устойчивость, многие закономерности в атомных и молекулярных спектрах, свойства химических элементов. Идея дискретных состояний электронной системы атома и сама теория выходили за рамки устоявшихся концепций, поэтому не все были уверены в правоте теории (Дж. Релей, Дж. Дж. Томсон, О. Ричардсон, П. Зеeman), но она произвела сильное впечатление на научный мир.

В 1916 г. Н. Бор занял пост профессора, созданный для него в Копенгагенском университете, где он продолжал работать над строением

¹ Данин Д.С. Труды и дни Нильса Бора. – М.: Знание, 1985; Мур Р. Нильс Бор – человек и ученый. – М.: Мир, 1969; Тамм И.Е. Нильс Бор – великий физик XX века // УФН. Т. 80. – № 1. – 1963. – С. 191–195.

² Паули В. Физические очерки / Под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Наука, 1975. – С. 238.

атома. В 1920 г. он основал и возглавил Институт теоретической физики в Копенгагене. В 1922 г. Бор был награжден Нобелевской премией по физике за заслуги в изучении строения атома. Его теория знаменовала рождение современной теории атома, явившись важным, но все-таки промежуточным этапом на пути построения новой теории, в которой бы квантовые идеи лежали в ее основе, а не являлись спасательным приложением к квантовой теории. И Н. Бор возглавил работу по созданию такой теории, которая впоследствии была названа квантовой механикой. Причем по времени она совпала с началом формирования им научной школы (1922–1930). С 1922 г. его Институт теоретической физики стал притягательным центром для физиков всех стран, наиболее талантливых молодых физиков – «квантовых теоретиков», развивавших под его руководством идеи и принципы квантовой теории. Этому способствовала яркая личность Бора: его исключительная гениальность, высокий научный авторитет, а также такие чисто человеческие качества, как необыкновенное обаяние, простота, скромность, искренность, человечность, общительность, доброжелательность, сочетавшиеся в то же время с твердостью и непреклонностью убеждений, сила воли. Кроме того, Бора отличали быстрота и глубина мышления, способность сразу же схватывать сущность, потрясающая физическая интуиция и проницательность¹. В этот период у Бора в его знаменитом Институте теоретической физики в Копенгагене работали такие люди, как Клейн, Крамерс, Паули, Гейзенберг, Эрнест Радерфорд, Гамов, Блох, Казимир, Л. Ландау и многие другие. Именно в это время и при участии этих людей были заложены основы квантовых представлений. В оживленных дискуссиях проливался свет на глубочайшие проблемы строения вещества².

Н. Бор оказался замечательным и умелым руководителем неформального сообщества молодых исследователей, обладающим удивительной способностью подбирать людей, сплачивать их в дружный коллектив, передавать им свой метод работы, создавать такую обстановку, в которой быстро достигалось взаимопонимание, все быстро находили общий язык. И неудивительно, что многие физики с благодарностью и гордостью называют его своим учителем. Его учениками становились одаренные молодые теоретики, получившие подготовку по теоретической физике и особенно по применению математики к теоретическим проблемам в других физических центрах. Вскоре после основания Ин-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 158.

² Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М.: Атомиздат, 1977. – С. 55–56.

ститут теоретической физики стал центром притяжения для ученых, «столькой атомной физики», где в доброжелательной, непринужденной, научной атмосфере, обстановке подлинного творчества, свободного и активного обмена мнениями и идеями удивительно легко достигалось взаимопонимание и проникновение в суть проблемы. В институте Н. Бор всячески утверждал свой стиль, так называемый копенгагенский дух, понимаемый как полная свобода мнений и дискуссий. Благодаря личным качествам и потребности постоянного научного общения Н. Бор устанавливал контакты со многими физиками из разных стран, большинство из которых становились его сотрудниками и учениками. Он представлял собой образец идеального научного лидера, так как всегда был открыт для новых идей и их принятия, обладал огромным научным авторитетом и исключительной добротой. В институте подолгу работали, входя в окружение Бора, П. Дирак, Р. Пайерлс, Э. Вильямс, Х. Казимир, Х. Крамерс, В. Гейзенберг, К. Вайцзеккер, Л. Розенфельд, В. Паули, Дж. Гамов, О. Клейн, Й. Нишина, Дж. Слэтер, Л. Томас, Л.Д. Ландау, С. Росселанд, Р. Оппенгеймер и др. Здесь в беседах и семинарах, число участников в которых, например, в 1934–1935 гг. составляло от 12 до 24 человек, происходило становление теоретиков, для них диалог с Бором являлся хорошей школой научного воспитания. В результате институт стал основой обширной интернациональной теоретической школы во главе с Бором. Как-то сама собой образовалась небольшая сплоченная группа, в которую входили представители многих европейских стран, включая СССР, а также японцы, индусы и американцы¹.

С 1922 г. началось плодотворное сотрудничество копенгагенской группы Н. Бора с теоретическими группами А. Зоммерфельда (Мюнхен), М. Борна (Геттинген), П. Эренфеста (Лейден) и Р. Фаулера (Кембридж), и для многих физиков из этих групп Бор стал вторым учителем. В 1925–1926 гг. усилиями В. Гейзенберга, М. Борна, П. Дирака, Э. Шредингера и ряда других физиков была создана нерелятивистская квантовая механика в двух формах – матричной и волновой – и разработан ее математический аппарат. И те, кто закладывал основы этой механики, приезжали в Копенгаген и напряженно подолгу работали под руководством Бора в своего рода «квантовой атмосфере», переваривая и осмысливая полученные данные. В результате длительных исследований и плодотворных дискуссий Бор вместе со своими учениками и сотрудниками пришел к стройной картине и четкому пониманию всей системы

¹ Нильс Бор. Жизнь и творчество. – М.: Наука, 1967. – С. 268–269.

квантовой механики. В эти годы ученый сделал решающий вклад в то, что позднее было названо копенгагенской интерпретацией квантовой механики. Основываясь на принципе неопределенности Вернера Гейзенберга, копенгагенская интерпретация исходит из того, что жесткие законы причины и следствия неприменимы к внутриатомным явлениям, которые можно истолковать лишь в вероятностных терминах. В 1961 г. в статье «Возникновение квантовой механики» он напишет, что «именно близкое сотрудничество целого поколения физиков многих стран позволило шаг за шагом навести порядок в новой обширной области знания»¹. Сразу же после создания квантовой механики ученики Бора применили ее к широкому кругу атомных явлений. Были созданы квантовые теории альфа- и бета-распада (Дж. Гамовым и независимо Р. Гёрни и Э. Кондоном), ферромагнетизма В. Гейзенбергом (независимо от Я.И. Френкеля), диамагнетизма (Л.Д. Ландау), твердого тела (Р. Пайерлс, Ф. Блох), а также заложены основы квантовой электродинамики и квантовой теории поля (П. Дирак, В. Гейзенберг, П. Йордан, В. Паули) и др. Бор в 1936 г. разработал концепцию составного ядра, образующегося при попадании налетающей частицы в ядро-мишень и представляющего собой относительно долгоживущее промежуточное полустабильное состояние. Эту концепцию Бор использовал для построения общей теории ядерных реакций², которая дала возможность объяснить многие экспериментальные факты взаимодействия нейтронов с ядрами и ядерные реакции под действием заряженных частиц и гамма-квантов.

В первые годы войны, в условиях германской оккупации Дании, Бор продолжал работать в Копенгагене над теоретическими деталями деления ядер. В сентябре 1943 г. Бор с семьей переправился в Швецию, а в конце 1943 года Нильс и Оге Бор отправились в Лос-Аламос для участия в работе над Манхэттенским проектом. После войны Бор вернулся в Институт теоретической физики, который расширился под его руководством. В эти годы ученый продолжал выступать в прессе за мирное использование ядерной энергии и предупреждал об опасности ядерного оружия. Институт стал одним из крупных международных научных центров. Идея сотрудничества являлась для Бора не только предпосылкой развития науки, но и определяющей чертой его мировоззрения, его отношения к человеческим проблемам³.

¹ Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. – М.: Наука, 1971–1972. – С. 544.

² Указ. соч. – С. 192–201.

³ Нильс Бор. Жизнь и творчество / Сб. статей. – М.: Наука, 1967. – С. 239.

В результате Н. Бором была создана обширная теоретическая школа, в которую входят такие известные физики, как Ф. Блох, О. Бор, В. Вайскопф, К. Вайцзеккер, М. Дельбрюк, П. Дирак, Дж. Гамов, Х. Йенсен, Х. Казимир, О. Клейн, Д. Костер, Х. Крамерс, Э. Вильямс, Л.Д. Ландау, Й. Линдхард, К. Мёллер, Й. Нишина, В. Гейзенберг, Р. Пайерлс, А. Пайс, В. Паули, Г. Плачек, И. Раби, С. Розенталь, Л. Розенфельд, С. Росселанд, Дж. Слэтер, Дж. Уилер, Л. Томас, Н. Мотт, Г. Юри и др. Десять из них (Ф. Блох, О. Бор, В. Гейзенберг, П. Дирак, Х. Йенсен, Л.Д. Ландау, Н. Мотт, В. Паули, И. Раби, Г. Юри) стали нобелевскими лауреатами, а В. Гейзенберг, Л.Д. Ландау, Н. Мотт, Й. Нишина, И. Раби, Дж. Слэтер и Дж. Уилер – создателями собственных физических школ.

Н. Бор много сделал для создания Центра европейских ядерных исследований в Женеве (ЦЕРН) и Института теоретической атомной физики пяти северных стран в Копенгагене (НОРДИТА). Он внес огромный вклад в интеллектуальный климат эпохи, расширение международных связей ученых, в пропаганду идей мира и мирного сотрудничества всех государств.

2.2.6. Школа нейтронной физики и физики высоких энергий Э. Ферми

Энрико Ферми (1901–1954) – выдающийся физик XX в., который оставил глубокий след в теоретической и экспериментальной физике, а также сыграл большую роль в воспитании молодых исследователей, создав итальянскую и американскую школы физиков¹. Э. Ферми внес вклад в статистическую механику, атомную и ядерную физику, квантовую электродинамику и квантовую теорию поля, физику элементарных частиц и физику высоких энергий, астрофизику, техническую физику, положив начало ряду новых научных и технических направлений, в частности, нейтронной физике, физике и технике ядерных реакторов, нейтронной оптике, пионной физике и физике резонансов².

¹ Лятыль Л. Энрико Ферми. – М.: Атомиздат, 1965. – 148 с.; Сегре Э. Энрико Ферми – физик. – М.: Мир, 1973; Ферми Л. Атомы у нас дома. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958; Ферми Энрико // Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия: Пер. с англ. Кн. 2: М–Я. – М., 1992. – С. 552–556; Понтекорво Б. Энрико Ферми (1901–1954) // УФН. Т. 107, вып. 3. – 1955. – С. 349–359.

² Гуревич И.И., Смородинский А.Я. Научные труды Энрико Ферми // УФН. Т. 114, вып. 2. – 1974. – С. 385–387.

Как человека его характеризовали большой талант, энергичность, работоспособность, целеустремленность, исключительная память, независимость и ясность мышления, здравый смысл во всем, простота, искренность, непосредственность, честолобие и стремление к лидерству в высоком смысле слова. Из научных качеств следует отметить: любовь к физике и преданность ей; глубокие физические знания и абсолютное понимание физических законов, что давало ему возможность распространять их на любую проблему; широта интересов и огромная эрудиция; необыкновенная физическая интуиция; глубокое знание математики, сочетающееся со стремлением к простоте, прежде всего к физическому смыслу, к нахождению простого пути к истине; высокий научный стандарт исследований, оригинальность, чувство нового, методичность, конкретность, выделение главного; объединение теоретического подхода с экспериментальным¹.

Интерес к математике и физике проявился у Э. Ферми уже в десятилетнем возрасте под влиянием друга семьи Ферми инженера А. Амидея. В 1918 г. он поступил одновременно в Высшую нормальную школу в Пизе и на физическое отделение Пизанского университета. Получив дипломы обоих заведений, в 1922 г. Ферми проходит шестимесячную стажировку в Геттингене, у М. Борна, где знакомится с В. Гейзенбергом, В. Паули и П. Иорданом. После Геттингена Э. Ферми читает курс лекций по математике в Римском университете, а осенью 1924 г. отправляется на трехмесячную стажировку в Лейден, где работает с П. Эренфестом, С. Гаудсмитом, Р. Кронигом, Г. Уленбеком. Однако влияние на научные достижения названных ученых, как считается, оказалось незначительным², но общение с Эренфестом позволило молодому Ферми поверить в свои силы. С 1924 по 1926 г. он преподает математическую физику и механику в Университете Флоренции, а также в Институте физики университета завершает работу, посвященную квантованию идеального одноатомного газа и содержащую новую статистику (независимо от П. Дирака). В литературе появляются статистика Ферми – Дирака и атомная модель, известная под именем Томаса – Ферми.

Ферми был прирожденным учителем. Его лекции в университете по квантовой механике, атомной физике, математической физике, термодинамике и его любимый курс по геофизике отличались большой ясностью и строгостью изложения, что, однако, не было результатом особой подготовки к лекциям (Ферми почти никогда не готовился к ним),

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 170.

² Указ. соч. – С. 176.

но объяснялось глубокими знаниями и исключительной ясностью ума учителя¹. Э. Ферми не любил давать студентам темы для дипломных работ и вообще для исследований. Он считал, что они сами должны их найти или получить от старших товарищей. Это развивало инициативу молодого физика, позволяло выявить его творческие способности, развить самостоятельность.

В конце 1926 г. Э. Ферми занял кафедру теоретической физики Римского университета, специально созданную для него, которая располагалась в Институте физики на улице Панисперна². Именно с этого времени под руководством Ферми начинает формироваться и работать знаменитая группа итальянских теоретиков и экспериментаторов, наиболее известными из которых стали Эдуардо Амальди, Этторе Майорана, Эмилио Сегре, Франко Разетти и Бруно Понтекорво. Этих пятерых вместе с Ферми и имеют в виду, когда говорят о «ребятах с улицы Панисперна». Коллектив молодых физиков во главе с Э. Ферми жил в основном физикой, жил одной жизнью, тесно сплоченной группой, всех участников которой к тому же связывала крепкая дружба. В Римском институте физики Ферми получил прозвище Папа за непогрешимость своих суждений, чем признавалось неоспоримое первенство Ферми. Вскоре о деятельности римской группы Ферми узнали молодые физики не только Рима, но и других городов и стали присоединяться к ней (Дж. Джентиле, Б. Росси, Дж. Бернардини, Дж. Рака, Дж. Вик, У. Фано и др.). Так возникла школа Ферми, получившая в последующие годы бурное развитие. Благодаря Ферми к возникшему центру итальянской физики потянулись и многие зарубежные ученые, которые принимали участие в семинарах Института физики. Среди них Х. Бете, Ф. Блох, Ф. Лондон, Р. Пайерлс, Г. Плачек, Дж. Уленбек и др. Школа просуществовала до 1938 г., и это был золотой период в истории итальянской физики.

В конце 20-х – начале 30-х годов Ферми с учениками выполнил ряд теоретических работ по структуре атомов и молекул, тесно связанных со спектроскопическими исследованиями, проводимыми в институте под руководством Ф. Разетти. В частности, совместно с Э. Сегре он разработал количественную теорию сверхтонкой структуры спектральных линий³. После открытия в 1932 г. Дж. Чэдвиком составной части ядра

¹ Понтекорво Б. Энрико Ферми (1901–1954) // УФН. Т. 107, вып. 3. – 1955. – С. 351.

² Бернардини К. Ребята с улицы Панисперна: к 100-летию Энрико Ферми / К. Бернардини; пер. с итал., предисл. В.Д. Белиянского // Природа. – 2001. – № 9. – С. 19–28.

³ Ферми Э. Научные труды. Т. 1. – М.: Наука, 1971–1972. – С. 485–609.

нейтрона в научных кругах велись оживленные дискуссии о природе сил, сдерживающих ядро. Э. Майорана выступил с предложением, которое известно и сейчас под названием обменных сил Майораны. В 1933 г. Э. Ферми выдвигает свою теорию сил, ответственных за β -распад и называемых сегодня слабыми взаимодействиями. Если до 1934 г. Ферми был чистым теоретиком, то затем пришел к выводу, что должен стать физиком-экспериментатором, чтобы обеспечить себя опытным материалом для теоретических обобщений. После открытия супругами Жолио-Кюри искусственной радиоактивности Ферми с учениками направил свои усилия на ядерную физику. Для бомбардировки в целях получения радиоактивных изотопов Э. Ферми использовал не альфа-частицы, а нейтроны. Ферми с учениками методически обстреливал нейтронами все химические элементы, в результате были обнаружены несколько десятков радиоактивных элементов, открыто явление замедления нейтронов в водородосодержащих веществах. В 1936 г. им было открыто поглощение нейтронов. Исследования Ферми по физике нейтронов, которые привели к открытию искусственной радиоактивности, возникающей при облучении нейтронами, зарекомендовали его как первоклассного экспериментатора, и в 1938 г. он был удостоен Нобелевской премии.

Однако в конце 1938 г. римская школа Ферми практически распалась. Разгул гитлеризма в Западной Европе, установление фашистского режима Муссолини в Италии, развернувшаяся в стране антисемитская кампания — все это заставило Ферми задуматься над происходящим. В сложившейся ситуации Ферми принял решение эмигрировать с семьей в США. Покинув в декабре 1938 г. Италию, Ферми отправился в Швецию, где в Стокгольме ему была вручена Нобелевская премия. Оттуда он уехал в США и прибыл в Нью-Йорк 2 января 1939 г. Здесь он стал профессором Колумбийского университета. В Америке начался второй период его научной деятельности, который характеризовался новыми взлетами творчества и оказал сильное воздействие на американскую физику. Уже через несколько месяцев он стал собирать вокруг себя группу сотрудников, в которую вошли Г. Андерсон, Дж. Маршалл, Дж. Вейль и В. Зинн. Сначала работа Ферми была непосредственным продолжением его общей программы исследований нейтронов, начатой еще в Риме. Однако после того как стало известно о делении урана, внимание группы переключилось на это явление. С целью осуществить цепную реакцию Ферми приступил к планирова-

нию экспериментов, которые позволили бы определить, возможна ли такая реакция, управляема ли она¹.

В 1939 г. Ферми впервые упомянул о возможности создания атомного оружия на основе цепной реакции с мощным выделением энергии. Он получил федеральное финансирование для продолжения своих исследований. Совместно со Сциллардом он провел ряд экспериментов. В ходе работы Ферми и его римский ученик Э. Сегре установили возможность использования в качестве «взрывчатки» для атомной бомбы тогда еще не открытого элемента плутония, который должен расщепляться и может быть получен в урановом реакторе при захвате нейтрона ураном-238. Цель работы была чисто технической: установление самоподдерживающейся цепной реакции и производство нового элемента – плутония.

В начале 1942 г. все группы, работающие над получением цепной ядерной реакции, в том числе и группа Ферми, были объединены в Металлургическую лабораторию Чикагского университета, которую возглавил А. Комптон. Ферми, как председатель подсекции теоретических аспектов Уранового комитета, руководил созданием ядерного реактора. Первый в мире ядерный реактор строился под трибунами университетского футбольного стадиона и был запущен в конце 1942 г. На всех этапах подготовки и реализации плана сооружения котла и осуществления в нем управляемой цепной реакции Э. Ферми выступал как бесспорный научный лидер возглавляемых им формальных и неформальных коллективов. Он координировал усилия огромного количества групп ученых различных специальностей для выполнения большой исследовательской программы. Это было началом нового подхода в организации и проведении широкомасштабных научно-исследовательских работ. И здесь Ферми оказался на месте, никогда не переставая быть учителем². В процессе реализации программы разработки и строительства первого ядерного реактора вокруг Э. Ферми образовалась группа физиков, положившая начало его американской научной школе в области ядерной физики и физики высоких энергий: Г. Андерсон, А. Ватгенберг, Дж. Вейль, В. Зинн, Дж. Маршалл, Л. Маршалл, Б. Фелд, У. Овербек, Г. Агню и др. В 1944 г. Ферми был назначен руководителем отдела современной физики в новой лаборатории, созданной под руководством

¹ Ферми Энрико // Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия: Пер. с англ. Кн. 2: М–Я. – М., 1992. – С. 552–556.

² Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 192; Вигнер Э. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – С. 203.

Р. Оппенгеймера для создания атомной бомбы в Лос-Аламосе (Манхэттенский проект¹).

В конце войны Ферми вернулся в Чикагский университет, чтобы занять пост профессора физики. Он также стал сотрудником вновь созданного при Чикагском университете Института ядерных исследований и вернулся к работам по нейтронной оптике, начатым им совместно с В. Зинном. После завершения в 1945 г. в Чикаго строительства циклотрона Ферми начал эксперименты по изучению взаимодействия между пи-мезонами и нейтронами. Ферми принадлежит также теоретическое объяснение происхождения космических лучей и источника их высокой энергии.

Ферми был великолепным педагогом и славился как непревзойденный лектор. Работа с аспирантами и студентами протекала не только в форме официальных и неофициальных лекций, но и во встречах в обеденный перерыв, на которых затрагивались самые различные вопросы, иногда Ферми давал советы общего характера по проведению исследований. Он активно участвовал в двух еженедельных семинарах – неофициальном институтском и формальном теоретическом. Аспиранты-физики должны были сдать ему довольно трудный широкопрофильный экзамен, задания к которому ученый составлял лично. Активная преподавательская деятельность Э. Ферми в Чикаго, специальные занятия с молодежью занимали значительную часть его времени и прямо или косвенно влияли на научное воспитание огромного числа физиков, которые с большим удовольствием стали считать себя учениками Ферми. Это Г. Агню, Г. Арго, Л. Вольфенштейн, Р. Гарвин, М. Гелл-Манн, М. Гликсман, М. Гольдбергер, Г. Йодх, Д. Лазарус, Т. Ли, Р. Мартин, А. Морриш, Д. Нэгл, Дж. Оррир, Дж. Рэйтц, М. Розенблют, А. Розенфельд, У. Селов, Х. Тафт, С. Уорсо, Дж. Фаруэлл, О. Чемберлен, Дж. Чу, Р. Шлутер, Дж. Штейнбергер, Р. Штернхаймер, Ч. Янг и др. Ученики Э. Ферми внесли огромный вклад в новые отрасли физики, и особенно в физику элементарных частиц, в частности в предсказание и открытие ряда новых частиц, предсказание и доказательство несохранения четности в слабых взаимодействиях, в разработку кварковой модели и квантовой хромодинамики². Пять его учеников (Э. Сегре, О. Чемберлен, Т. Ли, Ч. Янг, М. Гелл-Манн) стали нобелевскими лауреатами по физике.

¹ Смит Г.Д. Атомная энергия для военных целей / Г.Д. Смит. – М.: Трансжелдориздат, 1946.

² Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. – М.: Наука, 1990. – 304 с.; Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.

2.3. Ведущие советские физические школы первой половины XX в.

В начале XX в. научная работа по физике была тесно связана с высшей школой, прежде всего с университетами, хотя деятельность большинства университетских профессоров сводилась к преподаванию. Профессора и преподаватели высших школ обладали широкой эрудицией, но мало уделяли внимания творческой деятельности. Физическая мысль развивалась благодаря усилиям отдельных ученых-одиночек: М.В. Ломоносова, В.В. Петрова, Э.Х. Ленца, Б.С. Якоби, А.Г. Столетова, Н.А. Умова, А.С. Попова и др. Исключение, правда, составила деятельность выдающегося физика-экспериментатора П.Н. Лебедева, создавшего первую отечественную физическую научную школу. В России уже существовали сильные математические (М.В. Остроградский, П.Л. Чебышев, А.А. Марко, В.А. Стеклов) химические (Д.И. Менделеев, В.М. Бутлеров) школы. А в физике были сильны традиции середины XIX в., заложенные Ф.Ф. Петрушевским, в которых основой точного знания считались методы измерения. Невелико было и количество самих физиков в России, которых, например, в 1906 г. насчитывалось около 100 человек¹. Такую ситуацию можно объяснить тем, что на рубеже веков физика в России вступила в такую стадию своего развития, когда делать выдающиеся открытия с помощью примитивных экспериментальных средств было уже невозможно, а научного приборостроения почти не существовало. Поэтому наши физики не могли вступить в соревнование со своими коллегами на Западе. Теоретической же физики, орудиями которой являются карандаш и бумага, не существовало вовсе².

Серьезные научные исследования в области физики в нашей стране начались после Октябрьской революции 1917 года. Именно тогда, по мнению историков науки, возникли условия для создания научных школ. В это время наука стала общегосударственным делом, хотя обстановка для страны была очень тяжелой: голод, разруха, гражданская война, эмиграция многих ученых, выжидательная позиция интеллигенции. Прекратился доступ научной информации из-за границы, в лабораториях не хватало самого необходимого, было затруднено общение даже

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 207.

² Френкель В.Я. Первые научные физические школы Петербурга – Петрограда – Ленинграда и их роль в развитии отечественной физики // Интеллектуальная элита Санкт-Петербурга. Ч. 1 / Под ред. С.А. Кугеля. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1993. – С. 96.

между учеными Москвы и Петрограда. Однако Советское правительство оказывало поддержку научно-организационным начинаниям ученых, и уже с 1918 г. возникли первые научные институты: в Петрограде – Государственный оптический институт (научный руководитель Д.С. Рождественский), Физико-технический институт (научный руководитель А.Ф. Иоффе)¹; в Москве – институт биофизики Наркомздрава (научный руководитель П.П. Лазарев), Государственный экспериментальный и электротехнический институт (научный руководитель К.А. Круг); в Нижнем Новгороде – радиолaborатория (научный руководитель М.А. Бонч-Бруевич) и другие институты и лаборатории².

В результате былая фрагментарность сменилась сплошным фронтом науки с широким спектром научных направлений, а деятельность ученых-одиночек – работой больших коллективов исследователей и научных школ, широкой сетью научных институтов разнообразного профиля. Убедительной иллюстрацией расцвета и бурного развития науки в нашей стране может служить советская физика, которая занимала передовые позиции в мире по многим научным направлениям. Была создана работоспособная структура: фундаментальная физика – прикладные физико-технические разработки – отраслевая наука – промышленность, которая обеспечивала рациональное использование фундаментальных исследований в физике для получения практически важных результатов в народном хозяйстве³. Сформировался новый тип ученого – организатора науки, руководителя и воспитателя творческой молодежи, созданы известные в мире физические школы: С.И. Вавилова, А.Ф. Иоффе, И.В. Курчатова, Л.Д. Ландау, Л.И. Мандельштама, Д.С. Рождественского, И.Е. Тамма. Рассмотрим ведущие советские школы первой половины XX в.

2.3.1. Физическая школа А.Ф. Иоффе

Абрам Федорович Иоффе (1880–1960) сыграл огромную роль в становлении физики в нашей стране, в подготовке первых советских кадров физиков и организации многих физических институтов⁴. А.Ф. Иоф-

¹ Физико-технический институт выделился из физико-технического отдела Государственного рентгенологического и радиологического института, основанного в 1918 г. по инициативе М.И. Неменова.

² Развитие физики в России. Т. II. – М.: Просвещение, 1970. – С. 8.

³ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 208.

⁴ Абрам Федорович Иоффе. – М.: Наука, 1981; Воспоминания об А.Ф. Иоф-

фе оказал огромное влияние на научную судьбу и деятельность целых поколений советских физиков, многим помог найти свое место в науке. Большинство из его учеников стали видными учеными и организаторами науки в стране. Иоффе удалось объединить своих учеников в широкую разветвленную, исключительно продуктивную научную школу, долгие годы задававшую тон в физике.

Как человека А. Ф. Иоффе характеризовала яркая индивидуальность, принципиальность, колоссальная эрудиция, личное обаяние, большая культура, простота и скромность, доброжелательность, жизнерадостность. Иоффе-ученого отличали яркий талант физика-экспериментатора и организатора исследований, увлеченность наукой и энтузиазм, широкий кругозор, глубокая физическая интуиция и научное предвидение, чувство нового, энергия и целеустремленность, ясность физических представлений, научная фантазия, тесная связь с практикой¹. Щедрость, с которой он делился с молодежью богатствами своего ума, знаний и опыта, в сочетании с его индивидуальностью делали Иоффе притягательным центром для творческой молодежи.

Истоки научных интересов можно искать в биографии ученого. После окончания реального училища в 1897 г. в г. Ромны Полтавской губернии А. Ф. Иоффе поступил в Петербургский технологический институт, где заинтересовался вопросами биофизики. Окончив в 1902 г. технологический институт, он отправился в Мюнхенский университет к В. Рентгену, у которого овладевал техникой физического эксперимента, работая сначала практикантом, а с 1903 г. – ассистентом. Дав Иоффе темы для исследований, Рентген предоставил ему полную самостоятельность и ограничивался лишь критикой методики измерений и трактовки получаемых результатов. После того, как Иоффе оригинальным способом измерил количество тепла, выделяемое радием за 1 с, Рентген признал в нем физика-экспериментатора и предложил ему в качестве докторской диссертации работу об упругом последствии в кристаллах кварца. Уже в этой первой научной работе проявились характерные черты Иоффе как физика-исследователя: его индивидуальность, инициатив-

фе – Л. Наука, 1973, Проблемы современной физики. Сб. ст. к 100-летию со дня рождения А. Ф. Иоффе – Л. Наука, 1980; Френкель Я. И. Абрам Федорович Иоффе – Л. Наука, 1968, Соминский М. С. Абрам Федорович Иоффе – М., Л. Наука, 1964, Алферов Ж. И. Папа Иоффе и его «детский сад» (Лекция из цикла «Наука и культура XXI века», АФТУ, 10 октября 2008 года) // Наука и культура избранные лекции - СПб. БАН. 2009 – С. 127–167

¹ Храмов Ю. А. Научные школы в физике – Киев. Наук. думка, 1987 – С. 211

ность, творческий подход к изучаемому явлению, высокое экспериментальное мастерство, настойчивость.

В 1906 г., отклонив предложение продолжать работать у Рентгена, А.Ф. Иоффе возвратился в Россию. Здесь он трудится на кафедре физики Политехнического института, активно включившись в преподавательскую деятельность. Иоффе читает курс термодинамики в Горном институте, теорию излучения в университете, общую физику на курсах П.Ф. Лесгафта. Большое влияние в эти годы на развитие А.Ф. Иоффе и вообще теоретической физики в России оказал П.С. Эренфест, живший в Петербурге в 1907–1912 гг. Иоффе сумел внести новое в методику преподавания физики в вузе, сразу же рассказывая студентам то, чем живет современная физика, а не занимаясь длительным изучением измерительных приборов, как водилось в большинстве вузов России. Этот новый подход Иоффе к преподаванию физики в высшей школе, дающий возможность слушателям почувствовать дух современной физики, привлекал к нему творческую молодежь, желающую посвятить себя науке. В результате уже в 1912 г. у А.Ф. Иоффе в политехническом институте появляются первые ученики, в частности П.Л. Капица, а с 1913 г. – и в университете, где он стал доцентом, – П.И. Лукирский, Н.Н. Семенов, Я.И. Френкель, К.Ф. Нестурх и др. В основе метода подготовки кадров физиков-исследователей А.Ф. Иоффе лежало всемерное развитие творческого начала молодого исследователя и его научной самостоятельности.

Первую свою научную школу Иоффе начал создавать еще до революции, в 1916 году, когда организовал физический семинар. В Физико-техническом отделе Государственного рентгенологического и радиологического института она переживала период становления и в конце концов лишь в ЛФТИ по-настоящему сформировалась. Семинар по новой физике, организованный Иоффе весной 1916 года при Политехническом институте, способствовал воспитанию и становлению молодых ученых. В нем участвовали Н.Н. Семенов, Я.И. Френкель, П.Л. Капица, П.И. Лукирский, Н.И. Добронравов и др. Семинар впоследствии составил ядро Физико-технического института и был первым опытом коллективной проработки одной большой темы. Этот же опыт был положен в основу работы Физико-технического института¹.

В основе авторитета А.Ф. Иоффе лежали прежде всего его личные научные результаты. В период 1906–1917 гг. он проводит исследования, начатые еще в Мюнхене. Это работы по изучению рентгеновских лучей и электрических свойств диэлектриков, элементарного фотоэлект-

¹ Иоффе А.Ф. О физиках и физике. – Л.: Наука, 1977. – С. 239.

рического эффекта и магнитного поля катодных лучей, механической прочности твердых тел и способов ее повышения¹. Пионерские исследования А.Ф. Иоффе в области физики кристаллов, природы света и электричества создали ему авторитет искусного физика-экспериментатора, одного из ярких представителей новой физики, выдвинув в число известных физиков мира. Еще в 1915 г. Иоффе избирают председателем физического отделения Русского физико-химического общества.

Наиболее плодотворный период в научном творчестве и жизни А.Ф. Иоффе начался после Октябрьской революции. А.Ф. Иоффе стал основоположником советской физики, создателем первой советской физической школы, организатором более десятка научных институтов. В сентябре 1918 г. в Петрограде был создан Государственный рентгенологический и радиологический институт (ГРРИ), в котором один из отделов – физико-технический – возглавил Иоффе. В 1921 г. этот отдел выделился в самостоятельный институт – Государственный физико-технический рентгеновский институт (ГФТРИ), получивший в 1931 г. современное название – Физико-технический институт, директором которого Иоффе был до 1951 г. Однако принято вести летоисчисление ЛФТИ с сентября 1918 г. (с 1939 г. он в системе АН СССР). Именно здесь формировался основной кадровый потенциал рождавшейся советской физики, именно здесь научная работа была поставлена на новую основу и физика стала научной базой будущей техники².

Для работы в физико-техническом отделе ГРРИ, а затем в ГФТРИ А.Ф. Иоффе привлек своих первых учеников – П.Л. Капицу, П.И. Лукирского, Н.Н. Семенова, Я.И. Френкеля, Н.И. Добронравова, Я.Г. Дорфмана, М.В. Кирпичеву, Я.Р. Шмидт, а также профессоров политехнического института – А.А. Чернышева, М.А. Шателена, В.Ф. Миткевича, М.В. Кирпичева, А.А. Радцига и других, стремясь тем самым с самого начала установить в физико-техническом отделе тесную связь физики с техникой³.

Поставив цель организовать научные исследования по-новому, он предусмотрел и источник пополнения кадров физиков, знакомых с техни-

¹ Френкель Я.И. Абрам Федорович Иоффе. – Л.: Наука, 1968. – С. 8.

² Иоффе А.Ф. Ленинградский физико-технический институт // Научно-исследовательские институты тяжелой промышленности. – М.; Л., 1936. – С. 1–13; Ленинградский физико-технический институт Академии наук СССР // ЖЭТФ. Т. 10. – 1940. – С. 576; Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (1918–1978). – Л.: Наука, 1978; Френкель Я.И. Физико-техническому институту им. А.Ф. Иоффе – пятьдесят лет // УФН. Т. 96. – 1968. – С. 529.

³ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 220.

кой. Им стал организованный по его инициативе осенью 1919 г. специальный физико-механический факультет политехнического института, который должен был готовить инженеров-физиков, способных вести не только физические, но и физико-технические исследования. В 1919–1948 гг. (с перерывами) А.Ф. Иоффе был деканом этого факультета, и с первых лет между ЛФТИ и физико-механическим факультетом установилась тесная связь. Она выражалась как в привлечении к преподаванию на факультете ведущих ученых института, которые знакомили будущих инженеров-физиков с последними событиями в физической науке и с собственными исследованиями, так и в работе многих студентов уже со второго курса в лабораториях института¹.

В итоге институт начал жить полнокровной научной жизнью, заявляя о себе оригинальными и новыми результатами и быстро завоевывая славу лучшего физического института страны. В него стремились попасть молодые ученые из самых разных городов. Это был второй канал пополнения его талантливой молодежью. Так пришли в него К.Д. Синельников и И.В. Курчатов из Баку, А.П. Александров, В.Е. Лашкарев, Д.Н. Наследов, В.М. Тучкевич и П.В. Шаравский из Киева, Л.А. Арцимович из Минска, С.Н. Журков из Воронежа, П.П. Кобеко из Горок (Смоленская обл.) и др. И если в 1923 г. в институте работало 65 человек, то к концу 20-х годов численность научных сотрудников (физиков, химиков, техников) составила более 500 человек. Решающую роль в процессе приобщения творческой молодежи к науке, ее воспитания играл лично А.Ф. Иоффе. Его влияние ощущалось в читаемых лекциях, руководимых им семинарах, в проводимых совместных с учениками и сотрудниками научных исследованиях. «Лекции А.Ф. Иоффе являлись образцом педагогического мастерства. Как правило, они сопровождались интересными, удачно подобранными демонстрациями»².

Большую роль в приобщении к новой физике и в физическом образовании молодежи играли знаменитые еженедельные физтеховские семинары, проводившиеся под руководством Иоффе. На них обсуждались наиболее важные и свежие статьи из текущей физической литературы, а также собственные работы участников семинара. Иоффе очень умело руководил ходом семинаров, умело организовывал и направлял дискуссию, придавая ей всегда творческий характер, в результате чего рождались новые аспекты понимания обсуждаемого вопроса. Хорошей шко-

¹ Двадцать лет инженерно-физического факультета ЛПИ. – Л., 1939. – С. 46.

² Финкельштейн Б.Н. Единство научного творчества и педагогического мастерства // Вестн. высш. шк. – 1960. – № 10. – С. 49.

лой было участие в съездах физиков, проводившихся тогда каждые два года по инициативе Иоффе. В итоге Иоффе довольно быстро сумел создать в ЛФТИ особую научную атмосферу, способствующую научному росту молодых ученых. Это привлекло к Иоффе творческую молодежь: его доступность, постоянное общение с ним привели к формированию в 20-х годах в институте коллектива, ставшего основой его сильной и большой научной школы, которую отличали принципиальный научный дух, научная сплоченность, стремление к пониманию внутренних причин явлений, наблюдаемых в природе¹.

В 1918–1928 гг. в институте велись исследования по физике твердого тела и определялись преимущественно научными интересами самого Иоффе, которые формировались в этой области еще в период работы в лаборатории Рентгена. Исследования природы прочности и деформирования твердых тел стали традиционными для ЛФТИ на многие годы и выполнялись под руководством Иоффе С.Н. Журковым, А.Ф. Вальтером, А.П. Александровым, А.В. Степановым, Ф.Ф. Витманом. Вторым фундаментальным направлением в физике твердого тела института было изучение физической природы тех элементарных актов, которые лежат в основе процессов деформации и разрушения. В 1924–1930 гг. возникли новые направления – химическая физика, физика диэлектриков, радиофизика, магнетизм и др. В исследованиях диэлектрических свойств кристаллов приняли участие П.И. Лукирский, К.Д. Синельников, А.Ф. Вальтер, А.К. Вальтер, И.В. Курчатов, П.П. Кобеко, А.Н. Арсеньев, Н.Н. Семенов, В.А. Фок, П.С. Тартаковский, Я.Г. Дорфман, Я.И. Френкель и др.²

Таким образом, к концу 30-х годов ЛФТИ представлял собой мощный широкопрофильный исследовательский центр с солидным кадровым потенциалом и серьезным научным заделом, многие работы которого внесли значительный вклад в отечественную и мировую науку. Это стало возможным благодаря созданию в нем уже в начале 20-х годов достаточно сильного ядра физиков, что и позволило широко развернуть как фундаментальные, так и прикладные научные исследования.

В 1924 г. Иоффе организовал Центральную физико-техническую лабораторию ВСНХ, которая вскоре была переименована в ЛФТЛ и присоединена к институту. Именно в рамках этой лаборатории и велись работы по внедрению институтских исследований в промышленность.

¹ Семенов Н.Н. В кн.: Воспоминания об А.Ф. Иоффе. – Л.: Наука, 1973. – С. 9–10.

² Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 229–230.

Вскоре она была слита с институтом, но в ней неизменно проводилась линия на внедрение. Для тесной связи науки с производством решающей оказалась и организация в Ленинграде по инициативе Иоффе более 100 заводских лабораторий, ставших важным звеном в практическом осуществлении такой связи. Это начинание было реализовано затем в масштабах всей страны.

Нужно заметить, что А.Ф. Иоффе понимал, что тенденция концентрации научных сил в одном центре в дальнейшем может оказаться глубоко негативной, что необходима целая сеть специализированных научных институтов в разных регионах страны. Поэтому в конце 20-х – начале 30-х годов на базе ряда отделов ЛФТИ начали создаваться самостоятельные научные институты, ядро которых составляли, как правило, сотрудники ЛФТИ – в большинстве своем ученики Иоффе. Так, в 1927 г. в Ленинграде был создан Теплотехнический институт, в 1928 г. в Харькове – Украинский физико-технический и в Томске – Сибирский физико-технический институты, в 1931 г. – Ленинградские электрофизический и химической физики институты и Среднеазиатский гелиотехнический институт в Самарканде, в 1932 г. – Уральский физико-технический институт в Свердловске, в 1933 г. – Днепропетровский физико-технический институт, в 1934 г. – Ленинградский физико-агрономический институт. В них продолжались традиции Ленинградского физико-технического института, царил иоффовский стиль, иоффовский подход, атмосфера творчества и новаторства. Так решалась основная задача, которую поставил перед собой Иоффе и его ученики-единомышленники, – создание отечественной физики. Для работы в новых институтах выехали И.В. Обреимов, А.И. Лейпунский, К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, Л.В. Шубников, А.Ф. Прихотько и др. – в Харьков; Г.В. Курдюмов и В.Н. Финкельштейн – в Днепропетровск; И.К. Кикоин, Я.Г. Дорфман, М.В. Якутович, Б.Г. Лазарев, М.Н. Михеев – в Свердловск; П.С.Тартаковский и М.И. Корсунский – в Томск. Институт химической физики возглавил П.Н. Семенов, электрофизический – А.А. Чернышев.

Создание сети физических институтов на базе ЛФТИ стало возможным в результате завершившегося формирования А.Ф. Иоффе первой своей научной школы – школы организаторов советской физики. Именно иоффовские ученики определяли лицо новых институтов, формировали в них новые научные направления, воспитывали молодежь, а оставшиеся в ЛФТИ задавали тон и выступали хранителями того климата, того стиля, которые создал их учитель¹. К 1926 г. в институте и на физ-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 231.

мехе сложилась своеобразная система подготовки и обучения кадров – так называемая каскадная. А.Ф. Иоффе имел учеников и ближайших сотрудников, у которых, в свою очередь, также появились свои ученики, а сами они становились самостоятельными учеными¹. Именно существование второго и третьего поколений физиков уже тогда создавало впечатление огромной армии учеников Иоффе, воспитанных в духе единых традиций, стиля работы, мышления, подхода. Это и дает повод иногда отождествлять школу Иоффе с Ленинградским физико-техническим институтом и физико-механическим факультетом Политехнического института. Наверное, правильное будет сказать о широкопрофильной ленинградской школе физиков, основанной Иоффе в 20-е годы, и ее дочерних, существующих в ее рамках школах, возглавляемых его первыми учениками – основателями новых научных направлений, руководителями лабораторий, отделов и институтов. Школу Иоффе 20-х годов представляют П.Л. Капица, П.И. Лукирский, Н.Н. Семенов, Я.И. Френкель, Я.Г. Дорфман, И.К. Кикоин, И.В. Курчатов, К.Д. Синельников, А.Ф. Вальтер, А.К. Вальтер, Г.В. Курдюмов, П.П. Кобеко, А.П. Александров, А.И. Алиханов, С.Н. Журков, А.И. Шальников и др.² Все названные физики стали широко известными организаторами научных исследований, основателями новых направлений, а ряд из них – создателями собственных научных школ: П.И. Лукирский, Н.Н. Семенов, И.В. Курчатов, К.Д. Синельников, Г.В. Курдюмов, А.И. Алиханов и С.Н. Журков. Многих теоретиков воспитал Я.И. Френкель.

Большое значение для развития советской физики имела также деятельность А.Ф. Иоффе по организации всесоюзных физических съездов и конференций, объединявших в те далекие 20-е годы всех советских физиков, деятельность как автора многих книг и учебников, организатора и редактора ряда физических журналов.

И хотя в период становления школы основным направлением работ в ней была физика твердого тела и физика диэлектриков, в дальнейшем сфера научных интересов ее представителей значительно расширилась, охватив совершенно новые области. Иоффе обладал глубокой физической интуицией и способностью быстро улавливать и понимать новое, поэтому он мог переключаться на новые направления и оперативно переориентировать большие группы сотрудников и учеников на исследования в совершенно новых для них областях физики. Так, в 30-х годах

¹ Обренмов И.В. В кн.: Воспоминания об А.Ф. Иоффе. – Л.: Наука, 1973. – С. 49.

² Храмов Ю.А. Физики: Биограф. справ. – М.: Наука, 1983.

основными направлениями исследований в институте стали физика полупроводников, ядерная физика и физика полимеров. Полупроводниковая тематика начала активно развиваться с 1930 г. под руководством А.Ф. Иоффе, который полностью переключился на эту область физики, понимая ее огромное научное и техническое значение. В процессе исследований начала формироваться и вторая научная школа Иоффе – полупроводниковая.

В сентябре 1931 г. в Ленинграде была проведена первая в нашей стране конференция по полупроводникам, на которой сотрудники института выступили с обзорными докладами и сообщениями о результатах своих работ в этой новой области, а всего до войны было проведено шесть таких конференций. С начала 30-х годов Иоффе организовал и полупроводниковый семинар, которым бесценно руководил более 20 лет. Активная работа семинара, проведенные полупроводниковые конференции, выпущенные обзоры и книги по полупроводниковой тематике значительно расширили и углубили фронт исследований, способствовали выработке терминологии и языка в этой новой области физики. Изучались электронная структура полупроводников и роль примесей, фотоэлектрические свойства полупроводников, кинетические явления в них, вентильный эффект, термоэлектричество.

В годы войны усилия сотрудников полупроводниковых лабораторий были направлены на оборону страны, в частности, Ю.П. Маслаковец разработал термоэлектрогенераторы для питания партизанских радиостанций, Б.Т. Коломиец выполнил исследования, связанные с созданием новой технологии производства термисторов, болометров и других приборов. Исследования по физике полупроводников возобновились в ЛФТИ после войны. Особенно бурное развитие они получили с начала 50-х годов после изобретения в 1948 г. транзистора и создания $p-n$ -переходов в монокристаллах германия. Это вызвало к жизни новое направление – полупроводниковую электронику, в котором активно работали ученики Иоффе и ученики его учеников: Д.Н. Наследов, В.М. Тучкевич, Ж.И. Алферов, С.М. Рывкин. Так были заложены основные направления отечественной полупроводниковой электроники, а совместно с коллективами Б.М. Вула и С.Г. Калашникова – и основы полупроводниковой промышленности. Большое значение для прогресса полупроводниковой электроники имело создание гетеропереходов и изучение происходящих в них физических процессов, а пионерские исследования в этом направлении провели Ж.И. Алферов с сотрудниками в лаборатории В.М. Тучкевича, которые привели к созданию гетеропары

арсенид галлия – арсенид алюминия. Дальнейшие исследования ученых привели к открытию эффекта сверхинжекции, который лег в основу создания полупроводниковых лазеров на невырожденных гетеропереходах в инфракрасной и видимой областях спектра, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре. Впоследствии за эти работы Ж.И. Алферов был удостоен Нобелевской премии (2004 г.).

Таким образом, благодаря А.Ф. Иоффе и его школе, а также ряду других советских ученых и их учеников (Б.М. Вулу, С.Г. Калашникову, Л.Д. Ландау, В.Е. Лашкареву, С.И. Пекару и др.) в СССР была создана физика и техника полупроводников.

Полупроводниковую школу Иоффе, созданную им в 30–50-х годах, представляют *Х.И. Амирханов, А.И. Ансельм, А.Н. Арсеньева, Б.И. Болтакс, Б.М. Гохберг, Е.Д. Девяткова, Ю.А. Дунаев, В.П. Жузе, Е.К. Иорданишвили, А.В. Иоффе, Б.Т. Коломиец, А.Л. Левинзон, Ю.П. Маслаковец, Д.Н. Наследов, Ю.К. Пожела, А.Р. Резель, Л.С. Стильбанс, В.М. Тучкевич, П.В. Маравский* и др.¹ Для нее характерен высокий стандарт научных результатов, проведение исследований на переднем крае науки и их тесная связь с практикой, дух взаимной доброжелательности и товарищеской поддержки, непрерывного научного поиска. Иоффе учил своих учеников работать, соединяя научный подход с энтузиазмом и фантазией, внедряя в руководимых им коллективах определенные принципы работы, со временем становившиеся традициями. А фундамент всего этого закладывал А.Ф. Иоффе – выдающийся ученый и организатор советской физики, замечательный учитель многих поколений молодых исследователей. В 1960 г. имя Иоффе присвоено Ленинградскому физико-техническому институту АН СССР, а в 1973 г. президиум АН СССР учредил премию его имени, присуждаемую за лучшие научные работы в области физики.

2.3.2. Оптическая школа Д.С. Рождественского

Дмитрий Сергеевич Рождественский (1876–1940) внес огромный вклад не только в теоретическую и прикладную оптику, но и в организацию научных исследований, создав один из первых в нашей стране научно-исследовательских институтов – Государственный оптический институт (ГОИ) – и одну из первых советских физических школ – оптическую². По воспоминаниям сотрудников и учеников, его отличали

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 242.

² Гуло Д.Д., Осинковский А.Н. Дмитрий Сергеевич Рождественский (1876–

блестящий организаторский талант, научный энтузиазм, способность увлечь других и отдаваться полностью делу, целеустремленность, бескомпромиссность, эрудиция, интуиция и феноменальное умение видеть проблему, обилие новых и оригинальных идей, научная добросовестность и самостоятельность, порядочность, исключительная требовательность к своим работам и работам учеников¹.

Научные результаты Д.С. Рождественского, полученные им в оптике и спектроскопии, общеизвестны: он осуществил фундаментальные исследования по аномальной дисперсии света, разработав (1909) оригинальный и эффективный метод ее экспериментального изучения, так называемый метод кроко²; по теории строения атомов, где обобщил (1919–1920) теорию водородного атома Бора на более сложные атомы. Рождественский внес также крупный вклад в теорию и систематику атомных спектров, впервые выдвинул гипотезу о магнитном происхождении спектральных дублетов и триплетов. В 1939–1940 годах выполнил ряд работ по теории микроскопа, указал на важную роль интерференции при образовании изображения в микроскопе. Он также явился одним из создателей советской оптической промышленности, в частности производства оптического стекла. Крупные научные достижения Д.С. Рождественского в сочетании с личными моральными качествами и сделали его в полном смысле слова научным лидером, воспитателем большого отряда ученых, создателем крупной научной школы.

Началом научной деятельности Д.С. Рождественского можно считать трехлетнюю заграничную стажировку после окончания в 1900 г. физико-математического факультета Петербургского университета. Он стажировался в лабораториях известных физиков: у О. Винера в Лейпциге (1901–1902) и у П. Друде в Гисене (1903). С 1903 г. проводил научную работу лаборантом в Физическом институте Петербургского университета. После защиты магистерской диссертации (1912) Д.С. Рож-

1940). – М.: Наука, 1980; Френкель В.Я. Первые научные физические школы Петербурга – Петрограда – Ленинграда и их роль в развитии отечественной физики // Интеллектуальная элита Санкт-Петербурга. Ч. 1 / Под ред. С.А. Кугеля. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1993. – С. 95–104.

¹ Обреимов И.В. Дмитрий Сергеевич Рождественский // Тр. гос. опт. ин-та. – 42, вып. 175. – 1974. – С. 3–30; Воспоминания об академике Д.С. Рождественском. – Л.: Наука, 1976; 50 лет Государственного оптического института им. С.И. Вавилова. – Л.: Машиностроение, 1968; Кравец Т.П. Памяти Д.С. Рождественского // От Ньютона до Вавилова. – Л.: Наука. – С. 338–349.

² Рождественский Д.С. Работы по аномальной дисперсии в парах металлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1951.

дественский был утвержден в должности приват-доцента университета и получил право читать специальные курсы и руководить дипломными работами выпускников. Тематика руководимых им дипломных работ предусматривала экспериментальные разработки неисследованных или малоисследованных вопросов оптики. Его первыми учениками в 1913–1915 гг. были Л.Д. Исаков, В.М. Чулановский, Г. Перлицц, И.В. Обреимов, А.А. Архангельский, Э. Бадарзу, М.М. Глаголев, А.П. Афанасьев, А.А. Лебедев, В.М. Туроверов, Н.А. Нарышкин, Д.В. Скобельцын и др.

В 1915 г. Д.С. Рождественский защитил докторскую диссертацию, был избран профессором и назначен директором Физического института при университете. Это дало ему возможность осуществлять подготовку физиков-исследователей, что послужило условием для возникновения школы физиков Петроградского университета. Основу этой школы и составили его первые ученики. В институте Д.С. Рождественский организовал *семинар*, который пользовался широкой популярностью в Петрограде. На нем заслушивались рефераты обзорного характера по актуальным тогда вопросам физики, а с 1916 г. – также результаты выполненных в институте работ.

В декабре 1918 г. по его инициативе создается Государственный оптический институт, директором которого он был до 1932 г., возглавляя в нем в 1918–1938 гг. также научный отдел. Перед институтом были поставлены две основные взаимосвязанные задачи: 1) проведение широких научных исследований в области теоретической, экспериментальной и прикладной оптики и 2) активное содействие развитию отечественной оптической промышленности. Эти цели обусловили комплексный многоцелевой характер института, в котором широко были представлены все разделы собственно оптики, а также оплотехника, светотехника, прикладная оптика, химия и физико-химия оптического стекла, физиологическая оптика и др. Д.С. Рождественский развил план создания исследовательского комплекса с тремя направлениями: исследовательским, промышленным и учебным. В результате в структуре института органически соединились научный отдел, лаборатории технического профиля, вычислительное бюро, мастерские, завод оптического стекла, т. е. то, что сегодня является характерным для многих современных научных институтов – научно-технических комплексов. Деятельность ГОИ способствовала быстрому развитию нашей оптико-механической промышленности¹. В результате уже в 1927 г. наше государство полностью

¹ Вавилов С.И. Советская наука на новом этапе. – М.: Изд-во АН СССР, 1946. – С. 40–41.

обеспечивало себя собственным оптическим стеклом высшего качества и всех сортов, поэтому оно отказалось от импорта оптического стекла из-за рубежа.

Одной из центральных задач, ставших перед ГОИ, было обеспечение его кадрами физиков-оптиков, причем необходимо было не только собрать в институте малочисленных тогда физиков, но и обеспечить подготовку новых молодых специалистов для работы в институте. Д.С. Рождественский решил привлечь для работы в ГОИ «лаборантами при мастерских» наиболее талантливых студентов-физиков первых курсов Петроградского университета. Для них был составлен рабочий план, предусматривающий занятия по усиленной университетской программе и работу в лабораториях¹. Это был смелый педагогический эксперимент с целью за 1,5–2 года подготовить научных сотрудников, способных вести самостоятельные исследовательские работы. Организация научной работы лаборантов была первым опытом новой организации подготовки научных кадров, выполненной по идеям Д.С. Рождественского. Вскоре лаборанты стали научными сотрудниками и имели завершённые работы². Костяк научных сотрудников ГОИ в значительной мере составили эти лаборанты. В числе первого набора лаборантов были будущие академики В.А. Фок и А.Н. Теренин, члены-корреспонденты АН СССР Е.Ф. Гросс и С.Э. Фриш, профессора В.К. Прокофьев, А.И. Стожаров, К.В. Бутков и др. В результате уже на первом этапе работы института (1918–1925) – этапе его становления как научного организма и подготовки его кадров с помощью такого нового и оригинального метода, как привлечение для работы в институт студентов университета, – были получены фундаментальные результаты в области изучения строения атома, вычислительной оптики и оптического стекла.

Существенную роль в воспитании молодых сотрудников института как исследователей играл научный семинар, руководимый Д.С. Рождественским. Именно на этих семинарах они могли слышать, как «говорят» между собой настоящие ученые, чему они придают значение, как ведут дискуссию, наблюдать исследовательский, творческий подход к каждой разбираемой теме³.

Д.С. Рождественским неоднократно высказывалась мысль о необходимости работать в современной науке коллективно, и вся его научно-

¹ 50 лет Государственного оптического института им. С.И. Вавилова. – Л.: Машиностроение, 1968. – С. 60.

² Воспоминания об академике Д.С. Рождественском. – Л.: Наука, 1976. – С. 92.

³ Там же. – С. 72–73.

организационная деятельность была ярким тому подтверждением и привела к созданию им большой оптической школы. Университет – ГОИ – семинар – это те звенья единого комплекса, в котором училась и становилась физиками-исследователями, воспринимала стиль и методы работы Рождественского отобранная им творческая молодежь, многие представители которой и составили основу его широко известной научной школы¹.

Школу Д.С. Рождественского представляют *А.Л. Лебедев, И.В. Обреимов, А.Н. Теренин, В.А. Фок, Е.Ф. Гросс, С.Э. Фриш, В.М. Чулановский, К.В. Бутков, М.А. Вейнгер, Г.С. Кватер, Н.П. Пенкин, В.К. Прокофьев, А.И. Стожаров, А.Н. Филиппов, Ф.Л. Бурмистров, А.А. Гершун, Л.И. Дёмкина, М.М. Гуревич, Л.Н. Гассовский, М.М. Глаголев, А.Н. Захарьевский, Г.Н. Раутиан, М.В. Севастьянова, Е.Н. Царевский, И.А. Шошин, Е.Ф. Юдин, Е.Г. Яхонтов* и др.

К числу достижений школы принадлежат широкие исследования аномальной дисперсии и определения сил осцилляторов методом крюков (Д.С. Рождественский, А.Н. Филиппов, В.К. Прокофьев, Н.П. Пенкин и др.); создание первых советских электронных микроскопов, новых источников света, оптики и схем многих электронно-оптических приборов (А.А. Лебедев); доказательство (1928) дискретной структуры спектров молекулярных кристаллов при низких температурах, разработка методов измерения показателей преломления и определения дисперсии в широком спектральном интервале (И.В. Обреимов); открытие (независимо от Г. Шюлера) сверхтонкой структуры спектральных линий атомных спектров (А.Н. Теренин, Л.Н. Добрецов, 1928); обнаружение тонкой структуры линии рэлеевского рассеяния в кристаллах и жидкостях (Б.Ф. Гросс, 1933) и др. С.Э. Фриш один из первых указал на возможность исследования газоразрядной плазмы спектроскопическими методами. В.А. Фоком получены фундаментальные результаты в квантовой теории поля, квантовой механике и квантовой электродинамике, теории относительности, математической физике (релятивистское волновое уравнение Клейна – Фока – Гордона, развитие метода вторичного квантования, разработка метода самосогласованного поля и многовременного формализма, построение строгой теории распространения радиоволн над земной поверхностью без учета атмосферы). А.А. Гершун разработал (1936) общую теорию светового поля и заложил основы советской гидрооптики. Большой вклад в развитие оптического приборостроения внесен А.А. Лебедевым, В.К. Прокофьевым, В.М. Чуланов-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 250.

ким, И.А. Шошиным и др.; в разработку методов изготовления оптического стекла – А.А. Лебедевым, И.В. Обреимовым, А.И. Стожаровым и др. В ГОИ возникла первая советская школа оптиков-вычислителей (А.И. Тудоровский, Г.Г. Слюсарев, Е.Г. Яхонтов и др.) и были заложены основы отечественной оптической промышленности.

Высокий авторитет школы Д.С. Рождественского определялся строжайшей требовательностью к результатам исследований, чистотой эксперимента. Многие ученики Д.С. Рождественского создали собственные научные школы, а его научные идеи продолжают свое развитие не только в его учениках, но и в учениках его учеников. Так, широко известны школы А.А. Лебедева, И.В. Обреимова, А.Н. Теренина, Е.Ф. Гросса, В.К. Прокофьева, С.Э. Фриша и В.М. Чулановского.

Все изложенное дает основание считать Д.С. Рождественского наряду с А.Ф. Иоффе и Л.И. Мандельштамом основоположником советской физики.

2.3.3. Школа Л.И. Мандельштама

Леонид Исаакович Мандельштам (1879–1944) занимает особое место в истории советской физики, являясь не только одним из ее основателей, но и выдающимся педагогом и большим авторитетом в сфере нравственности и морали¹. Это был, по словам Н.Д. Папалекси, «замечательный ученый, глубокий мыслитель и талантливейший учитель, человек исключительных духовных качеств, в высшей степени скромный, высоко принципиальный и высоко гуманный»².

Л.И. Мандельштам внес огромный вклад в физику и технику, оказав сильное влияние на их развитие в нашей стране. Широко известны его исследования в области радиофизики и радиотехники, оптики и мо-

¹ Рагульский В.В. Самый замечательный человек среди ученых (к 130-летию со дня рождения Л.И. Мандельштама) // УФН. Т. 179. – № 11. – 2009. – С. 1245–1251; Академик Л.И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения / Отв. ред. С.М. Рытов. – М.: Наука, 1979; Гинзбург В.Л. Один совет Леонида Исааковича Мандельштама / О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. – С. 280–282; Ливанова А.М. Физики о физиках. – М.: Молодая гвардия, 1968; Папалекси Н.Д. Краткий очерк жизни и научной деятельности Леонида Исааковича Мандельштама // Изв. АН СССР. Сер. физ. – 1945. – 9, № 1/2. – С. 8–20; Мигулин В.В. Л.И. Мандельштам и становление советской физики // Природа. – 1979. – № 5. – С. 44–54.

² Академик Л.И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения / Отв. ред. С.М. Рытов. – М.: Наука, 1979. – С. 5.

лекулярной физики, теории колебаний и радиоинтерферометрии, теории относительности и квантовой механики. Он обладал большим педагогическим дарованием и много труда отдавал преподавательской деятельности, которая была у него неотделима от научной, представляя по сути ее существенную и неотъемлемую часть, что и привело его к созданию известной физической школы в Москве в 20–30-х годах. Это была одна из первых советских физических школ, получившая широкую известность благодаря крупным результатам в области оптики, теории колебаний и теоретической физики.

Проследим путь от получения образования до начала научной деятельности Мандельштама. В 1897 г. Мандельштам поступил на математическое отделение физико-математического факультета Новороссийского университета в Одессе, однако в 1899 г. был исключен из университета в связи со студенческими волнениями. Образование продолжал в Страсбургском университете, затем в Физическом институте при университете, где были еще сильны традиции кундтовской школы, представляемой тогда К. Брауном и Э. Коном. В университете и институте существовала атмосфера подлинной научной школы, оказавшая благотворное воздействие на научное формирование молодого Мандельштама. Под влиянием Брауна Мандельштам вскоре начал исследования в области электромагнитных колебаний. В 1902 г. Мандельштам был удостоен степени доктора философии Страсбургского университета и остался там работать в качестве ассистента у своего учителя Брауна, а в 1913 г. стал профессором.

В 1914 г. Л.И. Мандельштам возвратился в Россию, а в 1915 г. стал приват-доцентом Новороссийского университета, затем консультантом радиотелеграфного завода в Петрограде, в 1917–1918 гг. – профессором Тифлисского политехнического института. С осени 1918 г. Л.И. Мандельштам в Одессе принимал активное участие в создании политехнического института. В качестве заведующего кафедрой физики он привлек для работы в институте Н.Д. Папалекси, И.Е. Тамма, М.А. Аганина, Б.Ф. Цомакиона, К.Б. Ромашока и др. и с ними организовал физическую лабораторию, поставил на должный уровень также лекционную работу и практические занятия. В тяжелых условиях гражданской войны и разрухи Мандельштам регулярно читал обязательные лекции, а для небольшой группы студентов прочитал курс теории колебаний. Ему удалось организовать и группу талантливых молодых ученых и студентов, ставших его первыми учениками (И.Е. Тамм, К.Б. Ромашок, Е.Я. Щёголев и др.).

В конце 1922 г. Л.И. Мандельштам переехал в Москву консультантом Радиолaborатории Треста заводов слабого тока, а в начале 1924 г. – в Ленинград в связи с переводом и преобразованием ее в Центральную радиолaborаторию (ЦРЛ). Здесь совместно с Н.Д. Папалекси им были предложены новые способы радиотелефонной и радиотелеграфной модуляции. В 1925 г. он перешел в Московский университет, где возглавил кафедру теоретической физики, а также стал сотрудником Научно-исследовательского института физики, оставаясь (до 1935 г.) консультантом в ЦРЛ. Это было началом самого продуктивного периода в научной и педагогической деятельности Мандельштама, отмеченного не только взлетом его творчества, но и успехами в подготовке молодых физиков и создании плодотворной научной школы.

Мандельштам развернул широкие теоретические и экспериментальные исследования в области рассеяния света, молекулярной физики, ультраакустики, теории колебаний, радиофизики. Широкую известность получили также блестящие лекции и семинары Мандельштама по фундаментальным физическим проблемам, влияние которых выходило далеко за рамки физического факультета. Его научный авторитет и исключительное личное обаяние объединили в Научно-исследовательском институте физики при МГУ талантливых молодых ученых (Г.С. Ландсберг, И.Е. Тамм и др.), а его выдающиеся по содержанию и форме лекции и исключительно содержательные семинары привлекли к нему много талантливой молодежи – студентов и аспирантов. Под руководством Леонида Исааковича молодые ученые начали проводить исследования в различных областях физики – оптике, учении о колебаниях, молекулярной физике и др. – и образовали большую научную школу¹.

Совместно с Г.С. Ландсбергом он задался целью обнаружить на опыте предполагаемое и вычисленное им изменение длины волны рассеянного света, т. е. экспериментально обнаружить в спектре рассеянного света компоненты, смещенные относительно линии возбуждающего света и обусловленные модуляцией рассеянного света дебаевскими упругими волнами. Поиски этого эффекта (в плавленом кварце) привели Мандельштама и Ландсберга к открытию в феврале 1928 г. принципиально нового явления – комбинационного рассеяния света. Только окончательно убедившись в том, что открыто совершенно новое явление, и дав соответствующее предварительное и его объяснение, Мандельштам и Ландсберг решились в начале мая 1928 г. на официальную публика-

¹ Мандельштам Л.И. Полное собрание трудов. В 5 т. Т. I. – Л., М.: Изд-во АН СССР, 1948–1955. – С. 27–28.

цию. Это было открытие нобелевского уровня. Именно за это же получил Нобелевскую премию индийский физик Ч. Раман. Решающие эксперименты советских физиков были проведены на несколько дней раньше, ими же была развита теоретическая интерпретация явления, но публикация Рамана вышла примерно на месяц раньше¹.

В 1928–1930 гг. Л.И. Мандельштам и Г.С. Ландсберг продолжили эксперименты по молекулярному рассеянию света в кристаллах, вместе с М.А. Леонтовичем разрабатывают классическую теорию явления (с привлечением механизма модуляции), а И.Е. Тамм строит последовательную квантовую теорию. В 1931 г. Мандельштам и Ландсберг открыли селективное рассеяние света, которое детально исследовали в 1935 г., тогда же они обнаружили и резонансное рассеяние света. Работы Мандельштама с его сотрудниками и учениками по рассеянию света стимулировали многие оптические исследования и привели к возникновению ряда новых направлений.

Большое место в научном творчестве Мандельштама всегда занимали исследования в области теории колебаний, которые первоначально относились к линейным колебательным системам. Однако с использованием в радиоприемных и радиопередающих устройствах электронных ламп – нелинейных колебательных систем, свойства которых зависят от происходящих в них процессов, – в радиотехнике начинают интенсивно изучаться явления генерации незатухающих колебаний, которые не могла описать линейная теория. Широкое внедрение в радиотехнику в 1915–1925 гг. электронных ламп для генерации, усиления и преобразования колебаний привело к необходимости создания новых подходов и методов для анализа и описания колебательных процессов в нелинейных системах, существенно и принципиально отличающихся от линейных.

До начала 20-х годов работы в этой новой области велись главным образом в Германии, в 20-х годах основные работы были выполнены в Голландии и в Англии. С начала 30-х годов центр исследований по нелинейным колебаниям переместился в СССР, что явилось заслугой Л.И. Мандельштама и его школы. Первые его исследования в этой области (совместные с Н.Д. Палалекси) касались самовозбуждения и автоколебаний лампового генератора. Особенно они интенсифицировались в конце 20-х годов, когда Мандельштам в 1927 г. начал развертывать эти работы в МГУ. В 1931 г. Мандельштам выступил на Всесоюз-

¹ Визгин В.П. Физика в Москве // Москва научная / Отв. ред. В.М. Орел. – М.: Янус-К, 1997. – С. 200.

ной конференции по колебаниям с докладом, в котором изложил широкий спектр вопросов нового нелинейного направления в теории колебаний. Все это привело к созданию основ теории нелинейных колебаний, созданию или обоснованию основных методов этой теории. Исследования по нелинейным колебаниям конца 20-х – начала 30-х годов велись под общим методологическим и практическим руководством Мандельштама в НИИФе МГУ и ФИАНе в Москве, ЦРЛ, ЛЭФИ и Индустриальном институте в Ленинграде, Горьковском физико-техническом институте и были тесно связаны между собой, составляя по сути одно направление. Краткий обзор работ, выполненных в этих центрах, представлен в виде доклада конгрессу Международного радиофизического союза, состоявшемуся в сентябре 1934 г. в Лондоне, а в 1936 г. выпущен отдельной книгой «Новые исследования нелинейных колебаний»¹. Она служила своеобразным отчетом о работах сформированной Мандельштамом в эти годы школы в области нелинейных колебаний, в которую вошли Н.Д. Папалекси, А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин, М.А. Лентович, Г.С. Горелик, В.В. Мигулин, С.М. Рытов и др.² Все полученные Мандельштамом и его учениками результаты стали возможными, как отмечает В.В. Мигулин, «благодаря тому общему подходу к колебательным явлениям, который был развит Л.И. Мандельштамом. Эти идеи послужили фундаментом для всего дальнейшего развития работ созданной им школы теории колебаний, заслужившей мировое признание своими исследованиями нелинейных колебательных систем не только в радиотехнике, но и в механике, акустике и теории регулирования»³.

Выдающимся достижением Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси является также разработка ими совместно с учениками радиоинтерферометрии – радиоинтерференционного метода исследования распространения радиоволн. В 1930 г. для измерения расстояний они предложили использовать фазовые методы, в 1937 г. совместно с Е.Я. Щёголевым они создали интерференционные дальномеры. В результате с высокой точностью измерены скорость распространения радиоволн вдоль земной поверхности и расстояния между различными точками⁴. На ос-

¹ Мандельштам Л.И. Полное собрание трудов. В 5 т. Т. 3. – Л., М.: Изд-во АН СССР. 1948–1955. – С. 89–177.

² Рытов С.М. Развитие теории нелинейных колебаний в СССР // Радиотехника и электроника. – 1957. – № 11. – С. 1435–1450.

³ Мигулин В.В. Л.И. Мандельштам и становление советской физики // Природа. – 1979. – № 5. – С. 52.

⁴ Мигулин В.В. Л.И. Мандельштам и исследования по радиоинтерферометрии // УФН. Т. 128, вып. 4. – 1979. – С. 667–680.

новые методы возникли и новые технические дисциплины – радиогеодезия и радионавигация. В 1942 г. Мандельштам совместно с Папалекси обосновал возможность радиолокации Луны. В этом же году за цикл работ по радионтерферометрии они были удостоены Государственной премии СССР.

Все сказанное свидетельствует, что Л.И. Мандельштам органически соединял в себе наиболее характерные черты физика-теоретика, физика-экспериментатора и физика-прикладника. В области чисто теоретической физики он исследовал принципиальные вопросы квантовой механики и теории относительности. Совместно с М.А. Леонтовичем он разработал теорию прохождения частицы через потенциальный барьер (1927 г.), в начале 40-х годов с И.Е. Таммом дал более общую трактовку соотношению неопределенностей «энергия – время». Если во многих вопросах радиофизики, оптики и теории колебаний Л.И. Мандельштам был пионером, то в квантовой механике он стремился внести максимальную ясность в ее основные понятия и положения.

Преподавательская деятельность Л.И. Мандельштама представляла собой важную составляющую его научного творчества. Нельзя было провести резкую черту между его исследовательским процессом и преподаванием. Его преподавание было насыщено теми идеями, теми характерными постановками вопросов, которые лежали в основе его исследований. Лекции и семинары Л.И. Мандельштама содержали постановки вопросов, из которых возникали новые исследования¹. Мандельштам-учитель и Мандельштам-исследователь органично и естественно соединились в одном лице, вместе определяя наиболее характерные черты Мандельштама-ученого. Исключительная разносторонность, многогранность Л.И. Мандельштама позволяли ему с каждым сотрудником или учеником вести свой, особый, специфический диалог, отвечающий научным интересам собеседника.

Талант крупного ученого и педагога, богатство мыслей и идей, личные качества привлекали к Л.И. Мандельштаму творческую молодежь и привели к созданию им в московский период большой научной школы, формирование которой осуществлялось им на лекциях и семинарах, беседах, при проведении совместных исследований со своими учениками, а также работ, выполняемых под его научным руководством. Школе Л.И. Мандельштама отличало глубокое проникновение в физическую сущность рассматриваемых явлений, умение четко сформулировать

¹ Академик Л.И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения / Отв. ред. С.М. Рытов. – М.: Наука, 1979. – С. 50.

проблему, чрезвычайная требовательность к достоверности получаемых результатов. Ее представляют *А.А. Андронов, А.А. Витт, Г.С. Горелик, М.А. Дивильковский, Г.Д. Малюжинец, В.В. Мигулин, С.М. Рытов, П.А. Рязин, С.П. Стрелков, К.Ф. Теодорчик, М.И. Филиппов, С.Э. Хайкин* (теория колебаний), *Г.С. Ландсберг, П.А. Бажулин* (оптика), *М.А. Леонтович, И.Е. Тамм, С.П. Шубин* (теоретическая физика), *И.М. Борушко, К.Э. Виллер, В.П. Гуляев, Э.М. Рубчинский, Е.Я. Щёголев* (радиофизика), *М.А. Исакович* (молекулярная физика) и др. Ряд из них стали учениками Мандельштама еще в домосковский период (Одесса, Ленинград), а некоторые, специализирующиеся в теории колебаний и радиофизике, являются общими учениками с Папалекси. Следует заметить, что поэтому можно говорить и о радиофизической школе Мандельштама – Папалекси¹.

Вдохновляемая идеями Л.И. Мандельштама школа творчески развила созданные им направления в физике и технике и инициировала новые, а его ученики И.Е. Тамм, А.А. Андронов и М.А. Леонтович создали собственные широко известные научные школы².

2.3.4. Оптическая школа С.И. Вавилова

Выдающийся советский физик и организатор науки в нашей стране *Сергей Иванович Вавилов* (1891–1951) известен и как крупный воспитатель научных кадров-физиков, создатель большой школы в области люминесценции³. Являясь выдающимся ученым, С.И. Вавилов понимал, что силами одного человека наука не может успешно развиваться, что в

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 275.

² См. об этом: Давыдов А.С., Храмов Ю.А. Игорь Евгеньевич Тамм – ученый и учитель // УФЖ. Т. 30, № 11. – 1985. – С. 17–49.

³ См.: Келер В. Сергей Вавилов. – М.: Молодая гвардия, 1975; Гинзбург В.Л. Памяти Сергея Ивановича Вавилова / О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука, 1992. – С. 307–308; Левшин Л.В. Сергей Иванович Вавилов. – М.: Наука, 1977; Феофилов П.П. Сергей Иванович Вавилов // 50 лет Государственного оптического института им. С.И. Вавилова. – Л.: Машиностроение, 1968. – С. 587–626; Из воспоминаний о Сергее Ивановиче Вавиллове // Тр. Ин-та истории естествознания и техники. Т. 17. – 1957. – С. 137–153; Сергей Иванович Вавилов: Очерки и воспоминания. – М.: Наука, 1981; Толстой Н.А. Сергей Иванович Вавилов // Опт.-мех. пром-ть. – 1961. – № 3. – С. 2–7; Кравец Т.П. Сергей Иванович Вавилов // УФН. Т. 46. – 1952. – С. 3–22; Соловьев Ю.И. Академик С.И. Вавилов: драма русского интеллигента // ВИАТ. – 1999. – № 1. – С. 132–156.

науке, как и в других областях человеческой деятельности, исключительное значение имеет коллективный труд. Он всегда уделял исключительное внимание созданию новых научных кадров: спланировал вокруг себя научных работников, создавал из них большие научные коллективы и особенно много потрудился над созданием советской школы физиков, работающих в области люминесценции¹. С.И. Вавилов удачно соединял в себе ученого и учителя, руководителя и организатора науки, историка науки и научного публициста, государственного и общественного деятеля.

Интерес к физике у С.И. Вавилова появился еще в школе, здесь же проявилась и другая его страсть – любовь к книге. Книга была для него инструментом познания мира, овладения духовным наследием многих эпох. Отсюда и его удивительно огромная эрудиция, профессиональное знание истории науки и культуры, свободное владение многими языками. Большое влияние на С.И. Вавилова оказал его брат Н.И. Вавилов, впоследствии выдающийся советский генетик.

В 1909 г. С.И. Вавилов поступил на физико-математический факультет Московского университета, который окончил в июне 1914 г. Однако уже осенью 1911 г., будучи еще студентом второго курса, он начал работу в лебедевской лаборатории университета им. А.Л. Шанявского, куда тот перешел после ухода из Московского университета. Именно здесь Вавилов выполнил свою первую научную работу по изучению фотохимических процессов (тепловое выцветание красителей) и участвовал в коллоквиумах. Под руководством своего наставника П.П. Лазарева С.И. Вавилов активно включился в работу лебедевской лаборатории, воспринимая стиль, дух, методы работы и традиции школы Лебедева. Именно отсюда берут свое начало истоки его оптических интересов.

После окончания университета в июне 1914 г. С.И. Вавилов отклонил предложение остаться для подготовки к профессорскому званию. Он был призван в армию и направлен на фронт, где находился в действующей армии в течение всей войны. В 1918–1929 гг. Вавилов – заведующий отделом физической оптики Института физики и биофизики, возглавляемого П.П. Лазаревым, с 1919 г. преподавал в ряде московских вузов, в частности, с 1919 г. – приват-доцент Московского университета, с 1929 г. – заведующий организованной им кафедрой общей физики. В институте Вавилов выделялся своей эрудицией, разносто-

¹ Лёвшин Л.В. С.И. Вавилов – создатель и глава советской школы люминесценции // Изв. АН СССР. Сер. физ. Т. 15. – 1951. – С. 513.

ронностью знаний, склонностью к научным дискуссиям. Здесь он стал организатором оптического семинара.

В течение последующих нескольких лет его научная и педагогическая деятельность проходила в Московском университете, где он занимался вопросами постановки преподавания физики, организацией специального практикума, активизировал научные исследования. У него появилась возможность привлекать для работы в лаборатории научную молодежь из числа окончивших физический факультет и студентов старших курсов. Вокруг Вавилова быстро сложился коллектив молодых физиков – И.М. Франк, Е.М. Брумберг, В.В. Антонов-Романовский, А.А. Шишловский и др. Товарищ Вавилова по лебедевской лаборатории Т.П. Кравец писал об этом периоде: «Приемы привлечения к работе учеников, приемы руководства ими были ему хорошо знакомы с его собственных юношеских шагов: коллоквиумы, беседы с учениками, близость с ними, чтение специальных курсов – все это было им использовано в полной мере <...> Здесь выросли первые ученики С.И., создалась его школа...»¹.

В 1932 же году он, по предложению Д.С. Рождественского, становится научным руководителем Государственного оптического института, а также назначается руководителем физического отдела Физико-математического института им. В.А. Стеклова АН СССР. Эти назначения заставили Вавилова переехать в Ленинград, хотя связь с МГУ он и в этот период не прерывал, продолжая ежемесячно на несколько дней приезжать в Москву для работы с аспирантами и молодыми сотрудниками. В Ленинграде учениками Вавилова стали П.А. Черенков, С.Н. Вернов, Н.А. Добротин, И.А. Хвостиков, Н.А. Толстой, А.М. Бонч-Бруевич и др.

Осенью 1934 г. после переезда Академии наук СССР из Ленинграда в Москву физический отдел преобразовался в Физический институт АН СССР, которому, по предложению С.И. Вавилова, было присвоено имя П.Н. Лебедева. Директором был утвержден С.И. Вавилов, под руководством которого институт превратился во всемирно известный ФИАН. По инициативе Вавилова широкое развитие в ФИАНе получили исследования по ядерной физике (И.М. Франк, П.А. Черенков, Л.В. Грошев и др.). В институт Вавилов привлек многих ведущих физиков – Н.Н. Андреева, Г.С. Ландсберга, М.А. Леонтовича, Л.И. Мандельштама, Н.Д. Папалекси, Д.В. Скобельцына, И.Е. Тамма, Д.И. Блохинцева, В.Л. Лёвшина, С.Н. Ржевкина и др., а также талантливую молодежь – В.И. Вексле-

¹ Кравец Т.П. Сергей Иванович Вавилов // УФН. Т. 46. – 1952. – С. 11.

ра, С.Л. Мандельштама, В.В. Антонова-Романовского, М.Д. Ганшина, М.А. Константинову-Шлезингер и др. Сам Вавилов руководил работой многих аспирантов и докторантов.

Кроме общего научного руководства институтами (ГОИ (1932–1945) и ФИАН (1932–1951)), он создал в них лаборатории люминесценции, в которых и проходила его научная деятельность и работа по воспитанию молодых физиков. В 1932 г., оставив преподавание, он методом своей работы с молодежью избрал научное руководство ею в лабораториях, которые и стали основой дальнейшего пополнения и развития его школы в области люминесценции.

В первые годы его научной деятельности изучение люминесценции составляло незначительный отдел физической оптики, мало известный даже специалистам. Обладая большой научной интуицией, С.И. Вавилов понял, что эта новая зарождающаяся ветвь науки таит в себе возможности разрешения принципиальных теоретических вопросов и технического применения. Разрешение труднейших теоретических вопросов о передаче энергии между частицами вещества и создание теории процессов свечения были тем прочным фундаментом, на котором ученый строил свои практические работы, широко использованные в практике. Работы Вавилова были посвящены определению выхода свечения фотолюминесценции, поляризованной люминесценции, длительности возбужденных состояний молекул, теории люминесценции растворов, практическому применению люминесценции. Под его руководством в 1938–1941 гг. была разработана технология производства ламп с люминесцирующими составами, ламп так называемого дневного, или холодного света, имеющих значительные экономические и светотехнические преимущества перед лампами накаливания. По инициативе С.И. Вавилова получили развитие работы по новому методу анализа вещества – люминесцентному анализу, который нашел широкое применение в химии, медицине, минералогии, пищевой и металлообрабатывающей промышленности. Телевидение, радиолокация и другие области народного хозяйства также не обходятся без люминесценции.

В 1933 г. С.И. Вавилов совместно с Е.М. Брумбергом, исходя из большой чувствительности глаза, адаптированного к темноте, и существования резкого порога зрительного раздражения, разработал метод количественного наблюдения квантовых флуктуаций светового потока, или метод визуальных измерений статистических световых флуктуаций, дающий возможность определять число фотонов, вызывающих зритель-

ное ощущение на пороге зрения¹. В опытах была наглядно доказана дискретная структура света и подтверждена его концепция, согласно которой исследование свойств света лучше всего проводить при граничных условиях протекания явления, когда они проявляются наиболее ярко, например, при предельно слабых световых потоках.

Мировое признание получили исследования С.И. Вавилова и его учеников, связанные с изучением природы свечения различных веществ под действием быстрых электронов. В 1934 г. аспирант С.И. Вавилова П.А. Черенков обнаружил слабое свечение растворов урановых солей под действием гамма-лучей радиоактивного источника. Изучение нового оптического явления привело С.И. Вавилова к выводу, что это свечение не является обычной люминесценцией, а представляет собой совершенно новый вид свечения, обусловленный движением в веществе электронов со скоростью, превышающей скорость света в данной среде. Обнаруженный эффект по праву получил в литературе название эффекта Вавилова – Черенкова. Теория этого удивительного явления была дана учеником Вавилова, работавшим тогда в ФИАНе, И.М. Франком совместно с И.Е. Таммом.

В 1946 г. за работу «Открытие и исследование свечения электронов, движущихся в веществе со скоростью большей скорости света» С.И. Вавилову, П.А. Черенкову, И.Е. Тамму и И.М. Франку была присуждена Государственная премия СССР первой степени. В 1958 г. за открытие и объяснение этого явления П.А. Черенков, И.М. Франк и И.Е. Тамм были удостоены Нобелевской премии.

У С.И. Вавилова как теоретические, так и экспериментальные фундаментальные исследования были тесно связаны с прикладными. Его работы и работы его учеников в области люминесценции стали основой для широких практических приложений. Наиболее важными из них были: создание (1940) новых люминесцентных источников света – люминесцентных ламп, или ламп дневного света (С.И. Вавилов, В.Л. Лёвшин, В.А. Фабрикант, М.А. Константинова-Шлезингер и др.); разработка (1942) метода количественного люминесцентного анализа (М.А. Константинова-Шлезингер); использование в светотехнике метода визуального наблюдения квантовых флуктуаций для правильного понимания зрительного процесса; постановка и развитие работ по ультрафиолетовой и люминесцентной микроскопии (Е.М. Брумберг); создание новых

¹ Вавилов С.И. Флуктуации света и их измерения визуальным методом // Тр. физиол. оптики. – Л., 1936. – С. 332–342; Брумберг Е.М., Вавилов С.И. // Изв. АН СССР (ОМОН). – 1933. – № 7. – С. 919–941.

типов кристаллофосфоров (В.Л. Лёвшин, В.В. Антонов-Романовский и др.); разработка и создание новой оптической и спектроскопической аппаратуры.

Будучи человеком большой и разносторонней культуры, Вавилов уделял много внимания общим вопросам истории и методологии науки. Большой цикл его исследований относится к истории и философии физики¹. Прекрасно зная историю физики, Вавилов написал замечательные очерки о Лукреции, И. Ньютоне, Г. Галилее, М.В. Ломоносове, В.В. Петрове, П.Н. Лебедеве, Л. Эйлере и др., а также многие исторические обзоры по физике. Он проявил себя как непревзойденный мастер научной публицистики, активный популяризатор физики. Его книга «Глаз и солнце» представляет собой яркий образец популяризаторского искусства и выдержала множество изданий².

Все сказанное о С.И. Вавилоче характеризует его как выдающегося физика и яркую личность, сильно влияющую на окружающих. Ученик Вавилова Л.В. Лёвшин в научной биографии о Вавилоче писал: «Сергей Иванович обладал ярким талантом ученого-организатора. Глубокие и разносторонние знания, безграничная любовь и преданность науке, высочайшая научная культура, чуткое, доброжелательное отношение к людям и большое личное обаяние неизменно влекли к нему молодежь. Где бы он ни работал, вокруг него всегда сколачивался дружный молодой коллектив, который с увлечением трудился над разрешением проблем, поставленных руководителем»³.

Работа С.И. Вавилова по воспитанию молодых физиков была одной из ярких граней его многосторонней деятельности. Основными воспитательными методами служили его беседы и еженедельные семинары. Их подробно описывал В.Л. Лёвшин: «С.И. использовал разные методы передачи своих богатых знаний ученикам и сотрудникам. Одним из важных методов во второй период деятельности С.И. были регулярные коллоквиумы, посвященные теперь уже не общим вопросам физики, а специальным вопросам люминесценции. Коллоквиумы по люминесценции как в Москве, так и в Ленинграде проводились С.И. с большим блеском, на большой теоретической высоте. Особенное значение имели подробные заключения, которые делал С.И. по окончании докладов... Однако С.И. не довольствовался общением с научными сотрудниками на кол-

¹ Вавилов С.И. Собрание сочинений. В 4 т. Т. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1954–1956.

² См., например, Вавилов С.И. Глаз и солнце. – М.: Амфора, 2006.

³ Лёвшин Л.В. Сергей Иванович Вавилов. – М.: Наука, 1977. – С. 249.

локвиумах. Личные беседы с сотрудниками, непосредственный контакт с ними в лабораторной обстановке составляли важнейшую сторону его руководства. Предметом беседы были и темы новых работ, и соображения о методике проведения эксперимента, и длинные, подробные и всесторонние обсуждения проведенных исследований. В результате этих бесед мысли С.И. претворялись в жизнь в работах его учеников»¹. Вавилов очень ценил в ученом научную инициативу или, как он говорил, научную фантазию, научное воображение.

Наиболее же действенной формой воспитания и становления начинающего физика С.И. Вавилов считал семинары. По воспоминаниям П.П. Феофилова, семинары, которыми руководил Вавилов в ГОИ и ФИАНе и на которых нередко выступал с сообщениями, «были прекрасной школой для научной молодежи. Его выступления по поводу докладываемых работ, будь то реферат или оригинальное сообщение, были всегда интересными, острыми и зачастую резко критическими. Эрудиция и память С.И. Вавилова всегда заставляли удивляться. По поводу каждой докладываемой работы он вспоминал всю историю вопроса, охватывающую иногда десятилетия, поражая точностью знания дат, имен и подробностей работ»².

Большое значение С.И. Вавилов придавал укреплению связи научных учреждений с вузами, считая последние местом подготовки научных кадров. В частности, он старался крепить связь ФИАНа с физическим факультетом МГУ, организовав совместный семинар для научных сотрудников, преподавателей различных вузов Москвы и студенческой молодежи. Это способствовало притоку талантливых молодых физиков в науку.

Обладая широким научным кругозором и громадной эрудицией, С.И. Вавилов постоянно работал с научной литературой и охотно делился физическими новинками со своими коллегами. Вавилов умел связывать проводимые исследования с историей развития физики.

Таким образом, высокие личные качества С.И. Вавилова как человека, редкие качества руководителя и воспитателя творческой молодежи, личный пример и выдающиеся научные результаты, огромная работоспособность и активная многогранная деятельность привели к созданию им большой, продуктивной и авторитетной научной школы, основ-

¹ Памяти Сергея Ивановича Вавилова. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 9–10.

² Сергей Иванович Вавилов: Очерки и воспоминания. – М.: Наука. – 1981. – 350 с. – С. 208.

ным направлением которой являлись исследования широкого круга явлений люминесценции. Люминесцентная школа Вавилова начала формироваться в конце 20-х годов в Москве в Институте физики и биофизики и Московском университете. Однако с начала 30-х годов ядром школы стали лаборатории люминесценции в ГОИ и ФИАНе, где и проходило ее активное развитие. Школу Вавилова представляют *В.Л. Векслер, С.Н. Вернов, И.М. Франк, П.А. Черенков, В.А. Фабрикант, А.М. Бонч-Бруевич, М.Д. Галанин, И.П. Феофилов, Э.И. Адирович, И.А. Добротин, А.Н. Севченко, М.Н. Аленцев, В.В. Антонов-Романовский, Е.М. Брумберг, Л.В. Грошев, М.А. Константинова-Шлезингер, В.Л. Левшин, Б.Я. Свешников, Н.А. Толстой, В.С. Фурсов, И.А. Хвостиков, А.А. Шишловский* и др. Созданная школа плодотворно развивалась его учениками и последователями. Многие исследования, начатые Вавиловым, существенно были расширены и углублены, возникли новые научные направления. Наряду с ее старыми центрами ГОИ (Б.Я. Свешников, П.П. Феофилов) и ФИАН (В.Л. Левшин, М.Д. Галанин) появились и определили свои направления научные группы в Минске (А.Н. Севченко), Ташкенте (Э.И. Адирович), Киеве (А.А. Шишловский) и др. Большинство вавиловских учеников оставались верными люминесцентному направлению с учетом поправок на время, некоторые (изначально или несколько позже) переключились на ядерную тематику, где достигли выдающихся результатов (В.И. Векслер, С.Н. Вернов, П.А. Черенков, И.М. Франк, Л.В. Грошев, Н.А. Добротин, В.С. Фурсов).

В июле 1945 г. С.И. Вавилов был избран президентом Академии наук СССР. Под руководством Вавилова академия выросла количественно, укрепились организационно, расширилась ее экспериментальная база, в академии были созданы новые научные институты, развились новые научные направления, организованы научные центры в союзных республиках, а в ряде республик – академии наук, разработаны принципы планирования научных исследований и их координация, усовершенствована система подготовки научных кадров, укрепились связи науки с производством.

Будучи председателем Редакционно-издательского совета АН СССР (с 1945 г.), Вавилов много сделал для развития академического книгоиздания, положив начало ряду серий: «Классики науки», «Литературные памятники», «Мемуары», «Научные биографии ученых», «Итоги и проблемы современной науки». По его инициативе изданы труды многих отечественных и зарубежных ученых. Вавилов был также председателем Комиссии АН СССР по изданию научно-популярной литературы

(с 1933 г.), главным редактором «Докладов Академии наук СССР» (с 1945 г.) и ответственным редактором «Журнала экспериментальной и теоретической физики» (с 1939 г.), а также главным редактором второго издания «Большой советской энциклопедии» (с 1949 г.) и 10-томного собрания сочинений М.В. Ломоносова, возглавлял Комиссию по истории Академии наук СССР (с 1938 г.) и др.

Имя С.И. Вавилова присвоено Государственному оптическому институту и Институту физических проблем АН СССР. Памятником ему служит также его научная школа, продолжающая его дело и свято хранящая созданные им традиции, и всемирно известный ФИАН – его детище и его гордость, ставший одним из главных физических учреждений страны¹.

2.3.5. Теоретическая школа Л.Д. Ландау

Лев Давидович Ландау (1908–1968) вошел в историю физики как выдающийся ученый и талантливый педагог, воспитатель научных кадров, создавший крупную и авторитетную школу теоретиков. Он был теоретиком широкого профиля, одним из немногих ученых, получивших существенные результаты в квантовой механике, физике твердого тела, физической кинетике, магнетизме, теории ядра, физике космических лучей, теории плазмы, теории элементарных частиц, гидродинамике². Ландау создал большую научную школу, представители которой успешно работают в различных областях теоретической физики.

Еще учась в школе, Ландау интересовался математикой: в 12 лет уже умел дифференцировать, в 13 – интегрировать. Окончив школу, в 14 лет поступил в Бакинский университет, где одновременно учился на двух факультетах – физико-математическом и химическом. В 1924 г. перевелся на физическое отделение Ленинградского университета, ко-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 298.

² См. о нем: Абрикосов А.А. Академик Л.Д. Ландау. – М.: Наука, 1965; Бессараб М.Я. Ландау. – М.: Московский рабочий, 1978; Ливанова А. Л.Д. Ландау. – М.: Знание, 1983. Горелик Г.Е. С(о)ветская жизнь Льва Ландау. – Москва: Вагриус, 2008; Горелик Г.Е. Мифы, легенды и документы из жизни Л.Д. Ландау / Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – С. 252–299; Гинзбург В.Л. О Льве Давидовиче Ландау. Замечательный физик / О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. – С. 285–298; Берестецкий В.Б. Лев Давидович Ландау // УФН. Т. 64. – 1958. – С. 615–616.

торый окончил в 1927 г., став аспирантом Ленинградского физико-технического института. Самостоятельно занимался очень много, и в годы учебы появились его первые научные работы. В 1929–1931 гг. находился в научной командировке в Германии, Швейцарии, Голландии, Дании, Англии, что имело для него огромное значение. Особенно важным в воспитательном плане для Ландау было пребывание в Институте Нильса Бора, где окончательно сформировалось его физическое мировоззрение. «Своим учителем считаю датского физика Нильса Бора, – скажет потом Ландау. – Он научил меня понимать принцип неопределенности квантовой механики»¹.

В Цюрихском политехникуме совместно с Р. Пайерлсом Л.Д. Ландау выполнил работы, в которых рассмотрел весьма тонкие вопросы квантовой механики и электродинамики. В Кавендишской лаборатории Ландау выполнил работу по теории металлов «Диамagnetизм металлов»², в которой построил теорию электронного диамagnetизма. Эта работа заложила основу современных исследований по определению электронных энергетических спектров металлов и полупроводников, которыми впоследствии активно занимались ученик Ландау И.М. Лифшиц и его школа.

Возвратившись в Ленинград, Л.Д. Ландау работал короткое время в ЛФТИ и в августе 1932 г. переехал в Харьков, где возглавил теоретический отдел Украинского физико-технического института, одновременно став заведующим кафедрой теоретической физики Харьковского механико-машиностроительного института (ныне политехнический институт), а с 1935 г. – кафедрой общей физики Харьковского университета. Харьковский период (1932–1937) был для Л.Д. Ландау плодотворным в научном отношении и знаменательным также тем, что здесь началась его деятельность как учителя, началась реализация его идей по обучению теоретической физике, здесь же им было положено начало теоретической школе³.

Л.Д. Ландау были присущи общительность, доступность, постоянная готовность обсуждать физические проблемы, что вызывало восхищение и притяжение творческой молодежи. Вокруг него образовался небольшой круг лиц, интересующихся физикой и желающих с ним работать. Однако Ландау отчетливо понимал, что многие из них не имеют достаточной подготовки, чтобы работать в теоретической физике «на

¹ Вестн. АН СССР. – 1980. – № 7. – С. 117–123; с. 121.

² Ландау Л.Д. Собрание трудов. В 2 т. Т. 1. – М.: Наука, 1969. – С. 47–55.

³ Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 301.

уровне». Поэтому он начал (1933) создавать программы минимума знаний из области теоретической физики и ряда разделов математики, овладение которым является обязательным для молодых физиков-теоретиков (теорминимум Ландау). Желающему сдать теоретический минимум предлагалось сдать девять экзаменов: два по математике, один из них вступительный, и семь по теоретической физике (механика, теория поля, квантовая механика, статистическая физика, механика сплошных сред, макроэлектродинамика, квантовая электродинамика).

Теорминимум явился той основой, на которой возникла его научная школа, так как практически все его ученики и сотрудники, образовавшие эту школу, прошли через него. Теорминимум оказался своего рода неофициальным физическим университетом, «окончив» который, молодой теоретик в большинстве случаев входил в круг учеников Ландау и становился членом его школы. Трудность в овладении теорминимумом на начальном его этапе заключалась еще и в том, что тогда не было учебников, по которым можно было бы подготовиться и сдать экзамены Ландау. Многие вопросы приходилось изучать по статьям в зарубежных журналах. Это имело то преимущество, что приучало к изучению оригинальных материалов. Всего за период с 1933 по 1961 г. испытание теорминимумом выдержали более 40 человек. Ученики Л.Д. Ландау могли заниматься конкретными физическими задачами только после овладения основами всех методов современной теоретической физики. Кроме того, они должны были сочетать научную работу с преподавательской. Л.Д. Ландау считал, что теоретик должен «вечерне» знать всю теоретическую физику, а преподавательская деятельность должна ему в этом помочь.

Органически связанным с теорминимумом был и многотомный курс теоретической физики, написанный Ландау со своим ближайшим учеником Е.М. Лифшицем и представляющий собою серию книг, в которых дано современное изложение всех основных разделов теоретической физики, тесно увязанное с программой теорминимума. Курс теоретической физики не только представлял энциклопедию теоретической физики. Это было своего рода систематическое руководство для специализирующейся в теоретической физике молодежи и методическое пособие для научных работников, аспирантов и студентов¹. Книги курса

¹ Горелик Г.Е. Как рождался «Курс теоретической физики» // Природа, 2005. – № 8. – С. 67–76; Гинзбург В.Л. Курс (памяти Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица) / О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука, 1992. – С. 336–343.

неоднократно переиздавались в нашей стране и переводились во многих странах мира¹. В 1962 г. за создание «Курса теоретической физики» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшицу была присуждена Ленинская премия. Наряду с теорминимумом Ландау курс сыграл большую роль в подготовке кадров физиков-теоретиков в нашей стране.

Таким образом, Л.Д. Ландау разработал строго продуманную систему научного воспитания, в рамках которой и теорминимум, и курс теоретической физики преследовали одну цель – подготовку квалифицированных физиков-теоретиков. Он воспитал большое число учеников самой высокой квалификации. В харьковский период его учениками были Е.М. Лифшиц, А.С. Компанеец, А.И. Ахизер, И.Я. Померанчук, И.М. Лифшиц и др., ставшие впоследствии известными учеными и положившие начало школе Ландау. Тематика ее включала широкий круг проблем, относящихся к физике твердого тела, ядерной физике, квантовой электродинамике, физике плазмы, общей термодинамике, астрофизике. В эти годы Л.Д. Ландау и его ученики выполнили ряд важных и фундаментальных исследований: была развита последовательная и строгая термодинамическая теория доменной структуры ферромагнетиков; введено понятие об антиферромагнетизме и дана его теория; создана теория образования электронно-позитронных пар при столкновении быстрых заряженных частиц; решена задача рассеяния света светом в области высоких частот и др.

После увольнения из Харьковского университета и последовавшей за ней забастовки физиков² Ландау принял приглашение Петра Капицы и весной 1937 г. переехал в Москву, где возглавил теоретический отдел Института физических проблем АН СССР. Однако связи с харьковскими теоретиками он не порывал. Несмотря на репрессии, последовавшие после отъезда Ландау (в результате которых были расстреляны Л.В. Шубников и другие его коллеги), созданная им школа плодотворно развива-

¹ См., например: Ландау Л.Д., Пятигорский Л.М. Механика. – М.–Л.: ГИТТЛ, 1940; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Теория поля. – М.: Гостехиздат, 1941; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Т. III. Теоретическая физика. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Наука, 1963; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Механика сплошных сред. – М.: Гостехтеоретиздат, 1953; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Электродинамика сплошных сред. – М.: Физматгиз, 1959; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Теория упругости. – М.: Наука, 1965.

² Воробьев В.В. Лев Ландау и «антисоветская забастовка физиков» / Публ. и пер. с укр. Ю.Н. Ранюка // ВИЕТ. – 1999. – № 4. – С. 92–101.

лась под руководством его учеников А.И. Ахнезера и И.М. Лифшица, которые со временем стали основателями в Харькове своих теоретических школ¹.

В Москве продолжалась активная преподавательская деятельность Л.Д. Ландау (в 1943–1947 гг. и с 1955 г. он был профессором Московского университета и в 1947–1950 гг. – Московского физико-технического института) и работа над курсом теоретической физики. Здесь же проходило формирование и развитие его школы, чему в значительной степени способствовал организованный им теоретический семинар, который он проводил еженедельно в институте. На семинаре докладывались оригинальные работы и реферировались статьи из наиболее авторитетных физических журналов. Докладывающий на семинаре должен был квалифицированно изложить содержание прореферированной статьи и ответить на возникающие по ходу вопросы. Подготовка реферата требовала большого труда и эрудиции, поскольку именно здесь и сказывалась та универсальная подготовка, которую давал теорминимум. Докладчик имел право покинуть «поле боя» только тогда, когда иссякали вопросы, после этого Ландау оценивал результаты, содержащиеся в прореферированной статье. Выдающиеся результаты заносили в так называемую «Золотую книгу», возникающие интересные вопросы, требовавшие дальнейшего исследования, – в тетрадь проблем. Если автор сообщал о результатах своей работы и справлялся с докладом, то считалось, что его работа действительно логически непротиворечива и содержит новые результаты. Поэтому так велико было среди теоретиков желание доложить свою работу на семинаре у Ландау. Все свои работы Л.Д. Ландау докладывал на этих же семинарах. Его доклады были короткими, четкого изложения, большой концентрации мысли. На семинаре ученики Ландау учились у него глубокому критическому анализу и пониманию физики, поэтому семинары Ландау содействовали формированию его научной школы.

Л.Д. Ландау приучал своих учеников к самостоятельности, никогда не ставил перед ними задач и не давал тем, они должны были сами находить их. Ландау также никогда не делал того, что должны были делать сами ученики. Но когда ученик, найдя задачу и сделав предварительные расчеты, останавливался на самом трудном этапе, здесь на помощь приходил Ландау, давая дельный совет, а иногда проводя и серьезный рас-

¹ Ахнезер А.И. Харьковская школа теоретической физики // УФЖ. – 1985. – № 30. – С. 645–661; Храмов Ю.А. Эволюция школы Ландау // Проблемы теоретической физики. – Киев: Наук. думка, 1986. – С. 5–22.

чет. Ландау тщательно обдумывал каждую фразу, и только после нахождения наиболее удачной формулировки один из учеников, с кем он в данный момент работал, записывал ее (как известно, сам Ландау научных статей не писал, а привлекал к этому своих ближайших сотрудников, чаще всего Е.М. Лифшица). Именно таким способом оттачивался стиль изложения, а также попутно разрешались некоторые вопросы.

Л.Д. Дандау всегда был тесно связан с экспериментаторами. Эта его связь проявилась уже в Харькове, где он активно сотрудничал с Л.В. Шубниковым, обсуждал результаты его криогенных экспериментов, приведших к важным открытиям в области сверхпроводимости и антиферромагнетизма. Продолжалась она и в Москве: его рабочий день в Институте физических проблем часто начинался с посещения экспериментальных лабораторий. Многие важные его работы возникли именно из взаимодействия с экспериментаторами. Особенно тесное сотрудничество было у Ландау с П.Л. Капицей, который обсуждал с ним свои эксперименты. В результате такого взаимодействия возникла теория жидкого гелия II Ландау, которая в свою очередь описала все факты, обнаруженные Капицей. Подобное взаимодействие характерно и для многих учеников Ландау.

В Москве заметное место в творчестве Ландау занимает разработанная им теория фазовых переходов II рода. Он установил глубокую связь таких переходов с изменением симметрии тел и разработал термодинамическую теорию поведения тел вблизи точки перехода. В исследования по фазовым переходам II рода включились ученики Ландау Е.М. Лифшиц, В.Л. Гинзбург, И.Е. Дзялошинский. В 50-е годы была разработана феноменологическая теория сверхпроводимости (теория Гинзбурга – Ландау), на основе которой А.А. Абрикосов создал теорию сверхпроводящих сплавов. Л.П. Горьков сформулировал микроскопическую теорию сверхпроводимости. В 1958 г. А.А. Абрикосов, Л.П. Горьков и И.М. Халатников разработали теорию поведения сверхпроводников в высокочастотном поле, а в 1960 г. Абрикосов и Горьков – теорию сверхпроводников с примесью магнитных атомов и предсказали явление бесщелевой сверхпроводимости¹.

Одним из наиболее значительных и замечательных результатов Л.Д. Ландау является созданная им в 1940–1941 гг. теория сверхтекучести гелия II – явления, незадолго открытого перед этим в институте (1938) П.Л. Капицей и стимулировавшего огромное количество теоретических и экспериментальных исследований в этой новой области. В последую-

¹ Храмов Ю.А. Научные школы в физике – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 311.

щие годы теория сверхтекучести интенсивно развивалась. Особенно большой вклад был внесен Е.М. Лифшицем, И.Я. Померанчуком, И.М. Халатниковым и Л.П. Питаевским. Важное значение имела и работа Н.Н. Боголюбова о свойствах почти идеального бозе-газа, в которой им была предложена микроскопическая теория сверхтекучести. Теоретические труды Ландау по теории сверхтекучести, наряду с экспериментальными работами Капицы, положили начало физике квантовых жидкостей. В 1956–1957 гг. Ландау была построена общая теория ферми-жидкостей, основанная на представлении энергии возбуждений как функционала от функции распределения. За пионерские исследования по теории конденсированных сред и особенно жидкого гелия Ландау в 1962 г. была присуждена Нобелевская премия по физике.

Многие работы Л.Д. Ландау являются совместными с его учениками, другие несут на себе печать его полезных обсуждений с ними, способствующих выяснению вопроса, причем в них участвовали не только его прямые ученики, но и ученики уже его учеников, например И.Я. Померанчука или И.Е. Тамма. Следует сказать, что между школами Л.Д. Ландау и И.Е. Тамма существовало тесное сотрудничество, нашедшее отражение в совместных работах, взаимном посещении семинаров, взаимных обсуждениях и т. п. Поэтому неслучайно ряд таммовских учеников (В.Л. Гинзбург, Е.Л. Фейнберг, С.И. Пекар и др.) отмечают большое научное влияние, которое на них оказал Л.Д. Ландау.

Взаимодействие с учениками и сотрудниками было для Л.Д. Ландау жизненной потребностью, предпосылкой его активной творческой деятельности. В Москве в школу Л.Д. Ландау, кроме харьковских учеников *А.С. Компанейца, Е.М. Лифшица и И.Я. Померанчука*, которые переехали в Москву за своим учителем, входили *А.Б. Мигдал, В.Б. Берестецкий, Я.А. Смородинский, И.М. Халатников, К.А. Тер-Мартirosян, А.А. Абрикосов, Ю.М. Каган, С.С. Герштейн, Л.П. Горьков, В.Н. Грибов, И.Е. Дзялошинский, Л.П. Питаевский, А.А. Веденов, А.Ф. Андреев, И.М. Шмушкевич* и др. Эта школа интенсивно развивалась и играла видную роль в советской и мировой теоретической физике¹.

В 1962 г. автомобильная катастрофа остановила научную жизнь бесспорного научного лидера и руководителя этой школы, и, хотя жизнь Ландау была чудом спасена, он уже не мог вернуться к творческой деятельности. Однако школа Ландау не распалась, она даже обрела новую жизнь и по-прежнему играла видную роль в теоретической физике.

¹ Абрикосов А.А. Академик Л.Д. Ландау. – М.: Наука, 1965; Развитие физики в СССР. В 2 кн. – М.: Наука, 1967.

«Когда в 1962 г., после автомобильной катастрофы, стало ясно, что Ландау уже не вернется к занятиям теоретической физикой, – вспоминает И.М. Халатников, – перед его ближайшими сотрудниками встала серьезная задача – сохранить школу Ландау с ее традициями. Хотя среди учеников Ландау были уже зрелые и крупные ученые, никто из них не смел и думать о том, чтобы заменить его в качестве лидера. Важнейшая и труднейшая задача состояла в сохранении высокого научного стандарта, присущего школе, в сохранении научного коллектива, который обеспечивал такой стандарт. Постепенно мы пришли к естественному заключению, что только коллективный ум может заменить могучий критический ум нашего учителя. Таким коллективным умом мог стать специальный институт теоретической физики. Эта идея получила поддержку руководства Академии наук СССР, и осенью 1964 г. Институт теоретической физики (ИТФ) был организован...»¹. Новый институт был создан в Черноголовке, инициатором его создания был И.М. Халатников, институт по праву носит имя Л.Д. Ландау.

Стиль школы Л.Д. Ландау, ее дух, высокий исследовательский класс продолжают существовать еще и потому, что отдельные ее представители (И.М. Лифшиц, А.Б. Мигдал, И.Я. Померанчук, А.И. Ахиезер), ставшие основателями собственных теоретических школ, бережно хранят и проводят в жизнь унаследованные традиции, демонстрируя тем самым ее эволюцию, жизненность и эффективность ее методов подготовки молодых теоретиков.

2.3.6. Теоретическая школа И.Е. Тамма

Игорь Евгеньевич Тамм (1895–1971) вошел в историю физики не только как выдающийся ученый, с деятельностью которого связан ряд крупных результатов в классической электродинамике, электронной теории, квантовой теории твердых тел, ядерной физике, теории элементарных частиц, термоядерном синтезе, но и как замечательный педагог, воспитатель творческой молодежи, создатель крупной теоретической школы физиков. По воспоминаниям его ближайших сотрудников и учеников, в нем были воплощены лучшие черты, свойственные людям, и

¹ Халатников И.М. Дау, Кентавр и другие (Совершенно не секретно) (Отрывки из книги Халатников И.М. Дау, Кентавр и другие. Top non-secret. – М.: Физматлит, 2008) // Сетевой журнал «Заметки по еврейской истории». – № 6(97) – № 9(100). – URL: <http://berkovich-zametki.com/2008/Zametki/Nomer7/Halatnikov1.php>

особенно людям науки¹. Его простота в обращении с людьми, доброжелательность и твердость убеждений создали ему огромный авторитет и уважение в научных и университетских кругах. Такой сплав научных и чисто человеческих качеств создавал то мощное интеллектуальное и нравственное поле, в сфере влияния которого росли и становились теоретиками высокого класса многие молодые физики, получая научную и нравственную закалку, а уже сложившиеся исследователи глубже проникали в проблему, приобретая новое ее видение. Под обаяние его личности попадали и те, кто просто сталкивался с ним в различных жизненных ситуациях, иногда по вопросам, далеким от физики. Общение с Таммом всегда напоминало о существовании высших стандартов в шкале человеческих ценностей. В этом, пожалуй, и заключается секрет его сильного воздействия на окружающих.

Активно работать в науке он стал поздно – молодость была отдана политической борьбе, к которой его толкали убеждения и свойственная ему активность². Университетское образование он начал получать в Эдинбурге (1913–1914 гг.) в Шотландии, но в связи с начавшейся Первой мировой войной в 1914 г. продолжал учебу на физико-математическом факультете Московского университета, который окончил в 1918 г. Занятия в университете Тамм неоднократно прерывал, так как был братом милосердия на фронте, активно участвовал в общественно-политической жизни, в частности, в 1917 г. был членом бюро Исполкома Елизаветграда и делегатом I съезда Советов. После окончания университета Тамм был оставлен при кафедре для «подготовки к профессорскому званию», но уехал в Крым³, где преподавал физику в Таврическом университете в Симферополе (в 1919–1920 гг.), а затем (в 1921–1922 гг.) – в

¹ Игорь Евгеньевич Тамм. – 2-е изд. – М.: Наука, 1974; Соيفер В.Н. Академик и студент (Из воспоминаний об И.Е. Тамме) // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – С. 519–553; Воспоминания о И.Е. Тамме. – М.: Наука, 1981; Воспоминания о И.Е. Тамме. – 3-е изд. / Под ред. Е.Л. Фейнберга. – М.: Наука, 1995; Проблемы теоретической физики: Памяти И.Е. Тамма. – М.: Наука, 1972; Природа. – 1995. – № 7 (Номер посвящен 100-летию со дня рождения И.Е. Тамма); Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. – С. 272–280.

² Сахаров А.Д. Воспоминания. В 2 т. Т. 2. – М.: Права человека, 1996. – URL: <http://bibliotekar.ru/saharov/9.htm> (Глава 8)

³ Кедров Ф. Игорь Евгеньевич Тамм. Жизнь и научные достижения нобелевского лауреата / Цепная реакция идей (серия «Творцы науки и техники»). – М.: Знание, 1975. – С. 167–188.

политехническом институте в Одессе. Здесь Тамм сблизился с Л.И. Мандельштамом и благодаря его влиянию начал заниматься наукой.

В 1922 г. вслед за Л.И. Мандельштамом Тамм переехал в Москву и до 1925 г. работал в Коммунистическом университете имени Я.М. Свердлова, в 1924 г. он стал доцентом, а затем профессором Московского университета по кафедре физики, которой заведовал Л.И. Мандельштам.

В 1925 г. был создан специальный фонд Лоренца для материальной помощи молодым физикам, желающим проходить стажировку в Голландии. Один из попечителей этого фонда Пауль Эренфест предложил предоставить стипендию Тамму. В 1926 г. около полугода Тамм провел в крупнейших физических лабораториях Голландии и Германии, и здесь первыми областями его научных исследований стали электродинамика твердых тел и оптические свойства кристаллов. В это время Тамм работал и дружил с Полем Дираком, познакомился с Альбертом Эйнштейном и другими великими физиками.

С 1930 г. И.Е. Тамм был профессором и заведующим кафедрой теоретической физики МГУ, а с 1934 г. – в Физическом институте им. П.Н. Лебедева АН СССР, где в основном и была сосредоточена его работа как руководителя теоретического отдела.

Научные работы И.Е. Тамма посвящены широкому кругу проблем теоретической и частично прикладной физики. В 1930 г. Тамм построил квантовую теорию рассеяния света в кристаллах и теорию рассеяния света электронами. Он впервые произвел квантование акустических волн, введя понятие фононов – звуковых квантов. В 1931 г. Тамм (совместно со своим учеником физиком-теоретиком С.П. Шубиным) разработал квантовую теорию фотоэффекта, которая стала исходной для многочисленных теоретических исследований в области квантовой теории металлов. К этому направлению относятся и работы, в которых была показана возможность особых состояний электронов на поверхности кристаллического тела (так называемые уровни Тамма, 1932). Эти работы впоследствии приобрели важное значение в связи с развитием физики поверхностных явлений и микроэлектроники. В 1934 г. И.Е. Тамм со своим учеником С.А. Алтшулером предсказал существование магнитного момента у нейтрона. Выдвинутая авторами идея в то время была парадоксальной и встретила возражения в научном мире, в том числе и самого Н. Бора. Однако предположение оказалось верным: знак магнитного момента нейтрона и порядок его величины были определены правильно. В 1934 г. совместно с Д.Д. Иваненко Тамм создал полевую

теорию ядерных сил, исходя из которой в 1935 г. Х. Юкава предсказал существование мезона.

Одним из крупнейших достижений Тамма стало объяснение эффекта Черенкова – слабого голубого свечения, испускаемого полупрозрачной средой при прохождении через нее γ -квантов. В теории, изложенной в 1937 г., Тамм и Франк показали, что свечение испускают выбиваемые g -квантами электроны, движущиеся в среде со скоростью, превышающей фазовую скорость света в данной среде. За открытие и объяснение этого эффекта И.Е. Тамм, И.М. Франк и П.А. Черенков были удостоены Нобелевской премии по физике за 1958 г.

В послевоенные годы Тамм обратился к проблемам термоядерного синтеза. В 1948 г. Тамм, несмотря на сомнительные по меркам того времени анкетные данные (его брат, Л.Е. Тамм, инженер-химик, в 1937 г. был расстрелян как враг народа), а также ряд его сотрудников были привлечены к созданию ядерного оружия. Это было следствием как непосредственно его высокой научной репутации, так и репутации школы Тамма. В 1950 г. И.Е. Тамм и А.Д. Сахаров выдвинули идею термоизоляции плазмы сильным магнитным полем, сформулировали концепцию магнитного термоядерного реактора. Тамм также участвовал в создании советского термоядерного оружия, был первым заместителем И.В. Курчатова по испытаниям водородной бомбы на полигоне в августе 1953 г.

И.Е. Тамм – автор ряда обзоров и исследований по истории физики. В частности, с большим мастерством им написаны очерки о М. Фарадее, Н. Боре, Л.И. Мандельштаме. Широко известен и таммовский курс «Основы теории электричества», выдержавший много переизданий. И.Е. Тамм оказывал внимание и сложным, порой дискуссионным вопросам современной физики. В частности, в 30-е годы он особенно активно выступал против философов, которые, не понимая тенденций развития физики, ее новых идей и теорий, революционных сдвигов в ней, обрушивались с грубыми нападками на теорию относительности и квантовую механику. Тамм давал им резкий отпор, показывая, что их антинаучная позиция и кустарный подход ничего общего не имеют с философией и методологией диалектического материализма. А в послевоенный период он так же бескомпромиссно и темпераментно боролся за молекулярную биологию и генетику, встав на защиту работ в этих областях. Тамм интересовался биологией и внимательно следил за ее развитием, изучил актуальные задачи молекулярной биологии, математической генетики и других областей. Особенно он интересовался вопросами генетики, в частности, расшифровкой генетического кода.

Школа И.Е. Тамма начала формироваться в 30-х годах в ФИАНе, где в теоретическом отделе сосредоточилась его деятельность как ученого и учителя¹. Из группы в 4–5 человек отдел превратился в коллектив, насчитывающий несколько десятков физиков высокой квалификации. Как отмечал его ученик В.Л. Гинзбург, созданный И.Е. Таммом теоретический отдел Физического института – лучшее воплощение творческого духа Игоря Евгеньевича, его отношения к молодежи, его взглядов на многие вопросы науки и общественной жизни².

Огромную роль в научном воспитании молодежи играл и еженедельный семинар, руководимый И.Е. Таммом, на котором царил атмосфера интересных творческих дискуссий, острой, но доброжелательной критики, полной свободы взглядов и мнений и в то же время взаимного уважения. Творческая атмосфера не только семинара, но вообще в отделе создавалась Игорем Евгеньевичем, умело продолжавшим традиции своего учителя Л.И. Мандельштама. Так, доклад самого Тамма на семинаре довольно быстро превращался в беседу, в деловой спор, обсуждение. Любое высказывание по теме доклада для Тамма было не менее важно, так как доклад для него был не только итогом его труда, но и своего рода его продолжением. Для него, как работающего теоретика, важно было сделать доклад, чтобы неясное для него самого сформулировалось более отчетливо, уложилось в процессе обсуждения. «Мысли вслух» способствовали лучшему усвоению существа вопроса.

Оказывая большое влияние на научную молодежь, И.Е. Тамм приобщал ее к науке, увлекал на путь пытливого исследования. Он учил примером и критикой, примером своего поразительного трудолюбия, примером честного отношения к науке, к своим достижениям и ошибкам, уважения к мнению коллеги, будь то мировой ученый или молодой дипломник. Его критика всегда была прямой, но доброжелательной, если речь шла о недостатках честных научных попыток. Тамм был для своих учеников не только научным, но и нравственным руководителем. Как учитель Тамм очень много давал своим ученикам. Все, что он знал, он умел сделать понятным и для них. Порой они становились свидетелями самого процесса его научного творчества, что давало им очень многое. Работа и учеба под руководством И.Е. Тамма оставили глубокий след в жизни его учеников и сотрудников, оказали огромное влияние на их

¹ Отдел теоретической физики им. И.Е. Тамма Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР. – М., 1985. – (Препр. / АН СССР, Физ. ин-т им. П.Н. Лебедева, № 34).

² Академик Игорь Евгеньевич Тамм. – М.: Знание, 1973. – С. 31.

профессиональное развитие и отношение к науке и жизни. В совершенстве владея математическим аппаратом, Тамм как физик-теоретик всегда следовал установке Л.И. Мандельштама, считавшего, что целью теоретического исследования является познание природы, а средством его – прежде всего глубокое понимание физической сути явления, а не математический аппарат, который выступает на втором плане. Это роднит его с другими великими физиками, такими как Н. Бор, М. Борн, Э. Ферми.

В результате И.Е. Таммом была создана большая научная школа с широким тематическим диапазоном, насчитывающая значительное число видных физиков-теоретиков. Ее представляют академики *В.Л. Гинзбург, Л.В. Келдыш, М.А. Марков* и *А.Д. Сахаров*, члены-корреспонденты *С.А. Альтшулер, Д.И. Блохинцев, Е.Л. Фейнберг* и *Е.С. Фрадкин*, академики АН УССР *А.С. Давыдов* и *С.И. Пекар*, доктора наук *С.З. Беленький, А.А. Власов, А.Д. Галанин, И.Н. Головин, Д.А. Киржниц, В.И. Ритус, В.П. Силин, В.Я. Файнберг, В.С. Фурсов, С.П. Шубин* и др. Школой получены крупные результаты в физике твердого тела, ядерной физике и физике элементарных частиц, физике плазмы и других областях.

К основным достижениям школы, кроме уже упоминавшихся, относятся: разработка В.Л. Гинзбургом квантовой теории эффекта Вавилова – Черенкова (1940), полупеноменологической теории сверхпроводимости (теория Гинзбурга – Ландау) (1950) и теории сверхтекучести (теория Гинзбурга – Питаевского) (1958), теории происхождения космических лучей; построение Л.В. Келдышем систематической теории туннельных явлений в полупроводниках (1957–1958), предсказание непрямого туннельного эффекта (1957), эффекта сдвига полос поглощения в полупроводниковых кристаллах под влиянием электрического поля (эффект Франца – Келдыша) (1953) и конденсации экситонов с образованием электронно-дырочных капель (1968); предсказание (1957) резонансов и двух типов нейтрино – электронного и мюонного (М.А. Марков); разработка (1952–1955) нового метода получения мгновенных сверхсильных магнитных полей (А.Д. Сахаров); открытие сверхтонкой структуры резонансной линии ЭПР (1948), предсказание и построение (1952) теории спин-акустического резонанса в парамагнетиках (С.А. Альтшулер); участие в создании (1954) первой атомной электростанции и импульсного быстрого реактора (1960) (Д.И. Блохинцев); создание А.С. Давыдовым теории поглощения света молекулярными кристаллами и открытие явления расщепления невырожденных молекулярных термов («давыдовское расщепление») (1948), построение теории неаксиальных ядер (1958–1960); введение понятия поляронов (1948) и разработка тео-

рии поляронов в пределе сильной связи (1946–1949), построение новой кристаллооптики (1957–1960) (С.И. Пекар); создание теории электронно-фотонных ливней в космических лучах, обобщение статистической теории Ферми множественного рождения частиц (С.З. Беленький); создание (1966) первого токамака (И.Н. Головин) и др.

Последние годы жизни потребовали от Тамма особенно огромного мужества и стойкости духа. С 1968 г. из-за паралича диафрагмы он был прикован к дыхательной машине. Однако он не был сломлен, а продолжал работать до последнего дня, стойко перенося выпавшие испытания. Его имя носит теоретический отдел ФИАна – его детище и гордость. Президиумом АН СССР учреждена премия имени И.Е. Тамма.

2.3.7. Школа ядерной физики И.В. Курчатова

Выдающийся советский физик *Игорь Васильевич Курчатов* (1903–1960) – крупный организатор атомной науки и техники в нашей стране, научный руководитель атомной программы – воспитал в процессе ее успешной реализации многочисленные кадры ученых и инженеров¹. И.В. Курчатов создал советскую школу экспериментаторов, развивших нейтронную физику и физику атомного ядра. В Курчатове удачно соединились черты ученого и руководителя с высокими моральными качествами человека. В научном плане И.В. Курчатова отличали огромный талант физика-экспериментатора, цепкий и быстрый ум, широта интересов, глубокая эрудиция, умение выделять главное, исключительная работоспособность и энергия, целеустремленность, уверенность в успехе, энтузиазм, личное участие в экспериментах, ответственность и большая требовательность к себе и другим, быстрое переключение с одной тематики на другую, смелость².

И.В. Курчатов умел безошибочно прогнозировать развитие науки и техники и в соответствии с этим выбирать правильные направления своей научной деятельности. Широта кругозора позволяла ему решительно и быстро переходить в новую, незнакомую область и сразу же становиться в ней научным лидером. И.В. Курчатова отличал не только научный,

¹ Астащенко П.Т. Курчатов. – М.: Молодая гвардия, 1968; Головин И.Н. И.В. Курчатов. – 3-е изд. – М.: Атомиздат, 1978. – 134 с. Кикоин И.К. Игорь Васильевич Курчатов // Замечательные ученые. – М., 1980. – С. 183–190. Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни ее творцов. – М.: Просвещение, 1986. – С. 220–227; Игорь Васильевич Курчатов // УФН. Т. 123, в. 4. – 1961. – С. 593–604.

² Храмов Ю.А. Научные школы в физике. – 1986. – С. 328.

но и организаторский талант. Ему было свойственно умение работать в коллективе, налаживать контакты с самыми разными людьми, вдохновлять их и увлекать на решение поставленных задач.

Умению сплачивать и возглавлять коллективы людей, добиваться успеха в решении важнейших задач помогали и такие его душевные качества, как личное обаяние, необыкновенная доброжелательность, оптимизм, энергия, юмор, внимательность, честность, скромность. Личное обаяние влекло к нему людей разного психологического склада, разных характеров, с разными методами работы. Курчатов был очень доброжелателен по отношению к молодежи, широко привлекаемой им к работам в новой области, которая в ответ за это доверие уважала и любила его. Многие молодые физики, привлеченные к работе И.В. Курчатовым, вскоре становились авторитетами в рождающихся новых направлениях физики и техники, получали широкое общественное признание.

Университетское образование И.В. Курчатов получил в Симферополе, где в 1923 г. окончил университет. Затем была кратковременная работа в Магнитно-метеорологической обсерватории в Павловске и политехническом институте в Баку. Осенью 1925 г. Курчатов стал физиком в ЛФТИ, и среди факторов, сформировавших Курчатова-ученого и Курчатова-организатора, решающую роль сыграла его работа в ЛФТИ в 1925–1942 гг., где он прошел блестящую школу А.Ф. Иоффе, став одним из выдающихся его учеников¹.

В атмосфере научного творчества и высокой требовательности, созданной А.Ф. Иоффе, начал И.В. Курчатов в 1925 г. работать в одной группе с К. Синельниковым, П. Кобеко, А. Вальтером. С 1925 по 1932 г. группа И.В. Курчатова занималась изучением диэлектриков, и в процессе этой работы был открыт новый класс диэлектриков – сегнетоэлектрики, обладающие большой диэлектрической проницаемостью. Это было очень важное открытие для науки и техники. За исследования по физике диэлектриков Курчатову в 1934 г. была присуждена степень доктора наук без защиты диссертации.

В 1927–1929 гг. наряду с исследовательской Курчатов ведет педагогическую работу. Он читает специальный курс физики диэлектриков в качестве доцента на инженерно-физическом факультете Ленинградского политехнического института. Блестящий лектор, он в полной мере владел искусством передавать физический смысл каждого излагаемого

¹ Гринберг А.П., Френкель В.Я. Игорь Васильевич Курчатов в Физико-техническом институте. – Л.: Наука, 1984.

вопроса и пользовался большой любовью и авторитетом среди учащейся молодежи. Он зачастую с увлечением рассказывал тут же на лекциях о новых результатах своих исследований, пробуждая у молодежи серьезный интерес к науке.

В 1931–1932 гг. Курчатов отдает дань новой, зарождавшейся тогда области физики твердого тела – физике полупроводников. Он проводит (совместно с К.Д. Синельниковым) исследования фотоэлементов с запирающим слоем и устанавливает связь их действия с внутренним фотоэффектом.

В 1932 г. И.В. Курчатов перешел к исследованиям в области ядерной физики. Большую поддержку в организации исследований в этой области, считавшейся в то время весьма далекой от практического применения, оказал А.Ф. Иоффе, который добился разрешения организовать в своем институте отдел ядерной физики и некоторое время сам возглавлял его, а через полгода назначил руководителем отдела Курчатова. Одной из первоочередных задач нарождавшейся в то время советской ядерной физики была постройка мощных источников быстрых частиц, способных вызывать ядерные реакции. И.В. Курчатов много сделал для решения этой задачи. Первым шагом в этом направлении было создание высоковольтной установки и ускорительной трубки, позволяющих получать пучок протонов с энергией 350 кэВ, собранных Игорем Васильевичем и его сотрудниками в ЛФТИ в 1933 г. Совместно с К.Д. Синельниковым, А.К. Вальтером и Г.Я. Щепкиным он разработал высоковольтную ускорительную установку с прямой разрядной трубкой, на которой выполнил ряд работ. Под его руководством в 1939 г. введен в действие первый в СССР циклотрон (в Радиовом институте). При активном участии Игоря Васильевича был сооружен циклотрон Ленинградского физико-технического института. Этот циклотрон, построенный непосредственно перед Великой Отечественной войной, был в то время самым крупным циклотроном в Европе¹.

Расцвет научной деятельности Игоря Васильевича в области ядерной физики начинается с 1934 г., с момента открытия Ферми искусственной радиоактивности, наведенной нейтронами. В первых работах по нейтронной физике, относящихся к 1934 г., И.В. Курчатов устанавливает фундаментальный факт разветвления ядерных реакций. В 1935 г. им совместно с Л.И. Русиновым, Б.В. Курчатовым и Л.В. Мысовским было открыто явление ядерной изомерии у искусственно радиоактивного брома. Изучая ядерные реакции с участием быстрых и медленных нейтро-

¹ Игорь Васильевич Курчатов // УФН. Т. 123, в. 4. – 1961. – С. 596.

нов, Курчатов вместе с Арцимовичем доказал захват нейтрона протоном и получил значение эффективного сечения этого процесса, что было важно для создания теории строения дейтрона. Помимо исследований в своей лаборатории Игорь Васильевич проводит ряд работ совместно с лабораторией Л.А. Арцимовича, с физической лабораторией Радиевого института, с Харьковским физико-техническим институтом. Он организует научную работу по нейтронной физике при кафедре физики в Ленинградском педагогическом институте им. Покровского. Курчатов продолжает изучать ядерные реакции, производимые быстрыми и медленными нейтронами. Сюда относятся работы по реакциям ядер лития, бора, золота, палладия, рутения, родия с нейтронами.

Начиная с 1939 г. ученый работал над проблемой деления тяжелых ядер. Он был организатором совещаний по атомному ядру в 1938, 1939, 1940 гг. Основная тема этих совещаний – деление ядра. На совещании в Москве в ноябре 1940 г. ученик Курчатова Г.Н. Флеров сделал доклад об открытии им вместе с К.А. Петржаком самопроизвольного деления урана. Говоря об этом фундаментальном открытии, И.В. Курчатов обсуждал уже конкретные пути осуществления цепной ядерной реакции. Ссылаясь на теоретические работы Я.Г. Зельдовича и Ю.Б. Харитона, Курчатов считал, что наиболее надежный путь состоит в обогащении природного урана легким изотопом урана-235.

Благодаря энергии и общительности И.В. Курчатов вовлек в сферу ядерных интересов многих ученых и стал ведущим специалистом в новом направлении, стимулировал подобные исследования в других научных центрах страны, поддерживал тесную связь с Харьковским ФТИ. В этот период начала формироваться и его школа ядерной физики, которую представляют не только сотрудники его лаборатории в ЛФТИ *Г.Я. Щенкин, М.А. Еремеев, А.И. Вибе, Л.И. Русинов, Г.Н. Флёров, Л.М. Неменов, Я.Л. Хургин* и др., но и работники других лабораторий, в частности Радиевого института, для которых он стал первым или вторым учителем, *Д.Г. Алхазов, М.Г. Мещеряков, В.П. Джелепов, И.И. Гуревич, А.Н. Мурин, К.А. Петржак, Ю.А. Немиллов, В.Н. Ружавишников, Г.Д. Латышев* и др.

С началом войны Курчатову пришлось на время оставить ядерную физику и заняться проблемой создания системы противоминной защиты кораблей. В 1943 г. в СССР начались работы по преодолению атомной монополии США. Их организация была поручена Курчатову. Работы начались в так называемой Лаборатории № 2 АН СССР (ЛИПАН), ставшей впоследствии Институтом атомной энергии, а в 1946 г. в при-

городе Арзамаса в условиях строжайшей секретности был организован научный центр под условным названием КБ-11, известный ныне как Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (Арзамас-16). Здесь над созданием атомного оружия трудились такие ученые, как Ю.Б. Харитон, А.Д. Сахаров, И.Е. Тамм, Г.Н. Флеров, Я.Б. Зельдович, Д.А. Франк-Каменецкий, Б.В. Курчатов, К.Д. Синельников, А.П. Александров, Л.А. Арцимович и другие. В 1944 году работало около 100 сотрудников, кроме того, многие заводы и их технологи выполняли заказы по атомной тематике. За рекордно короткий срок цель была достигнута, и в 1949 г. состоялись испытания советской атомной бомбы, а в 1953 г. – водородной.

После создания ядерного оружия И.В. Курчатов уже больше внимания уделял мирным аспектам атомной проблемы. Совместно с Н.А. Доллежалем, С.М. Фейнбергом и др. Курчатов разработал уран-графитовый реактор с водяным охлаждением для энергетических целей и принял активное участие в создании первой в мире атомной электростанции – Обнинской АЭС электрической мощностью 5 000 кВт, успешный пуск которой состоялся 27 июня 1954 г. (Д.И. Блохинцев, Н.А. Доллежал, А.К. Красин, В.А. Малых) и положил начало ядерной энергетике.

С начала 50-х годов в созданном Курчатовым Институте атомной энергии (ИАЭ) под его руководством развернулись работы по управляемому термоядерному синтезу (Л.А. Арцимович, М.А. Леонтович), которым он с 1957 г. уделял особенно много внимания, считая их главным направлением деятельности института. С 1958 г. в ИАЭ Курчатов регулярно, вплоть до своей внезапной кончины 7 февраля 1960 г., проводил термоядерный семинар. В институте практическую реализацию созданием в 1955 г. первого советского токамака (И.Н. Головин, Н.А. Явлинский) нашла идея И.Е. Тамма и А.Д. Сахарова об удержании высокотемпературной плазмы сильным тороидальным магнитным полем (1950). В 1952 г. Курчатовский ученик Г.И. Будкер (независимо от Р. Поста и Г. Йорка) выдвинул идею открытой магнитной ловушки с магнитными пробками, реализованную в установке «Огра-1» (И.Н. Головин, 1958), сооружение которой было инициировано Курчатовым.

Большую роль сыграл И.В. Курчатов в создании ядерных центров в Советском Союзе, в частности, в Ташкенте, Тбилиси, Киеве, а также в оказании помощи социалистическим странам в проектировании и сооружении ядерных реакторов, был одним из инициаторов организации Объединенного института ядерных исследований в Дубне. По его инициативе и под его руководством была подготовлена и проведена в июле

гии, Белоярская атомная станция, город атомщиков Курской АЭС, есть его имя и на карте обратной стороны Луны.

2.3.8. Казанская научная школа магнитной радиоспектроскопии

Особое место в истории возникновения научных школ в нашей стране занимает Казанская научная школа магнитной радиоспектроскопии. В середине XX века в Казанском университете сформировалось крупнейшее физическое направление – магнитная спектроскопия конденсированных сред. Оно связано в основном с именами выпускников этого вуза начала 1930-х гг. – экспериментатором Е.К. Завойским, теоретиком С.А. Альтшулером¹, физикохимиком Б.М. Козыревым. В основе этого события лежит физическое открытие мирового значения, сделанное в стенах КГУ в 1944 г. доцентом, впоследствии академиком АН СССР Е.К. Завойским, – явления электронного парамагнитного резонанса (ЭПР)².

Имя Евгения Константиновича Завойского (1907–1976) вошло в историю науки не только из-за открытия им электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и ряда блестящих работ по ядерной физике, управляемому термоядерному синтезу и физической электронике³. Однако именно благодаря открытию ЭПР его можно считать основателем Казанской научной школы магнитной радиоспектроскопии⁴.

¹ Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л. Физическая школа Казанского университета с конца 20-х до 40-х годов XX века. История развития и научные достижения ее выпускников. – Казань: Изд-во КГУ, 2002.

² Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л., Монахова Н.И. Физические исследования в Казанском университете в послевоенные 1940–1970-е гг. / Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – С. 155–196.

³ См.: Завойский В.К. Академик Е.К. Завойский. – Казань: Таткнигоиздат, 1986; Евгений Константинович Завойский (1907–1976). – М.: Наука, 1988; Евгений Константинович Завойский (1907–1976): Материалы к биографии. – Казань: УНИПРЕСС, 1998; Гинзбург В.Л. Памяти Евгения Константиновича Завойского / О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука, 1992. – С. 314–315; Сидкин И.И. Евгений Константинович Завойский: документальная хроника научной и педагогической деятельности в Казанском университете. – Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2005; Бикбулатов Р. Евгений Завойский // Казанские истории. – 2004. – № 7–8; Чародей эксперимента: Сборник воспоминаний об академике Ф.К. Завойском. – М., 1993.

⁴ Парамагнитный резонанс: Казанская школа радиоспектроскопии. 1944–1971: Сб. статей / Митин А.В., ред. – М.: Атомиздат, 1974.

Е.К. Завойский поступил на физико-математический факультет Казанского государственного университета в 1926 г. В студенческие годы у него зародилась идея об использовании электромагнитных излучений радиодиапазона для исследования вещества подобно тому, как это делается в оптике. В начале 30-х годов в нашей стране и за рубежом стало интенсивно изучаться воздействие электрического поля на вещество¹. Завойский заинтересовался этими работами, и вся его дальнейшая деятельность была посвящена обнаружению и изучению взаимодействия вещества с радиоизлучением высокой частоты, в частности, с электрической ее составляющей.

Е.К. Завойский был учеником В.А. Ульянина, являвшимся крупной фигурой в истории Казанского университета. Автор многих научных статей, участник почти всех съездов русских физиков, он был создателем ряда геофизических приборов. Ульянов был также инициатором создания в Казани физического института. В.А. Ульянов старался всемерно поощрять творческую инициативу способного студента, поддержав его кандидатуру при поступлении в аспирантуру. Е.К. Завойский уехал в Ленинград, где в течение восьми месяцев вел исследования в Центральной радиолaborатории у Г.А. Остроумова и Н.Н. Циклинского, работая над исследованием супергенератора, а также над созданием синфазного генератора УКВ. В 1933 г. на основе этих разработок Завойский успешно защищает кандидатскую диссертацию. В последующем указанные исследования привели Завойского к созданию метода сеточного тока, сыгравшего ключевую роль в установках по обнаружению ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса.

Возглавив в 1933 г. кафедру физики Казанского университета, переехавшую в просторные помещения главного здания, Е.К. Завойский много сил отдает созданию новых экспериментальных учебных и научных лабораторий, знакомится с методикой преподавания физики в передовых вузах Москвы и Ленинграда. В течение семи лет были созданы современные лаборатории и другие вспомогательные структуры. Кроме курсов общей физики Завойский читал спецкурсы по радиофизике, теории колебаний, радиотехническим измерениям². По свидетельству профессора М.М. Зарипова, «лекция начиналась обычно с демонстрационного опыта, поставленного эффектно, что вызывало у студентов

¹ Завойский В. К. Академик Е.К. Завойский. – Казань: Таткнигоиздат, 1986. – С. 69.

² Указ. соч. – С. 73.

живой интерес и озадачивало их – появлялась проблема объяснения увиденного. Говоря о такой лекции понятиями сегодняшнего дня, можно сказать, что Евгений Константинович, намного опережая время, использовал методы проблемного обучения, так интенсивно развиваемые и разрабатываемые сейчас»¹.

В ходе своей преподавательской деятельности Завойский активно привлекал студентов к научным исследованиям, выполнению курсовых работ экспериментального характера, а также договорных научных работ. Например, перед войной Завойский заключил договор с Волжским пароходством. Университет должен был сделать установку для обнаружения и подъема затонувших цепей, якорей и других металлических предметов. По воспоминаниям учеников, Завойский отличался исключительной добротой, благожелательностью, уважением к личности студента. Он был чудесным воспитателем молодого поколения, привлекал молодых преподавателей к научной работе, которые ранее, как правило, ограничивались только учебной работой. «Он был прирожденным педагогом-самородком, – говорил один из учеников Завойского М.М. Зарипов, – его глубоко любили и уважали, и благодаря его усилиям в Казанском университете появились хорошие, глубоко продуманные традиции. Не только благодаря открытию им электронного парамагнитного резонанса, но и благодаря педагогическому таланту ему удалось создать впервые в истории Казани научную школу физики – школу магнитной радиоспектроскопии, прославившую Казань и Казанский университет на весь мир»².

При этом Завойский продолжал научные исследования. 1 мая 1934 г. при поддержке ректора Н.-Б.З. Векслена в университете была открыта специальная лаборатория ультракоротких волн (УКВ), заведовать которой было поручено Е.К. Завойскому. Его научные интересы сосредоточились на изучении физических и химических воздействий ультракоротких волн на вещество, в частности, на электролиты и газы. Эту новую работу в лаборатории УКВ он решил провести совместно с физиком-теоретиком А.В. Несмеловым, с которым вместе учился в университете, а также защищал кандидатскую диссертацию в один день. В качестве физикохимика был приглашен Б.М. Козырев, знакомство с которым переросло в многолетнюю дружбу.

В 1936 г. исследователи установили, что скорость нагревания электролитов в полях высокой частоты значительно возрастает, если

¹ Указ. соч. – С. 76.

² Там же.

вещество поместить в постоянное магнитное поле. При этом Завойскому удалось экспериментально показать, что полученные результаты отражают определенные внутримолекулярные процессы и позволяют установить некоторые параметры, касающиеся структуры молекул, что позволило существенно усовершенствовать методику дальнейших исследований магнитных резонансов.

В 1939 г. Завойский познакомился с исследованиями американского физика И. Раби и голландского физика К. Гортера. И. Раби в 1937 г. разработал метод магнитного резонанса в молекулярных пучках для определения ядерных магнитных моментов. Однако опыты Раби не позволяли говорить о возможности радиоспектроскопии конденсированных сред, где атомы находились гораздо ближе, чем в молекулярных пучках. К. Гортер изучал поведение твердых парамагнитных веществ в радиочастотном поле и не смог обнаружить резонансного поглощения энергии атомов. Более того, по оценкам физиков-теоретиков В. Гайтлера и Э. Теллера, время ядерной релаксации для твердых парамагнитных диэлектриков очень велико – порядка миллиона лет. Из этих исследований вытекало, что наблюдать резонансное поглощение невозможно.

Однако Завойский решил продолжать исследования. У него была сильно развитая интуиция, крайне обостренная способность ощущать логику природы. Кроме того, он выяснил, что К. Гортер проводил свои опыты на очень низких радиочастотах, а при измерении энергии, поглощенной телом, пользовался калориметрическим методом. В распоряжении же Завойского был генератор, дающий значительно более высокую частоту, и очень точный метод сеточного тока. Это был чрезвычайно чувствительный косвенный метод измерения поглощенной энергии высокочастотного поля по реакции генератора при изменении его нагрузки. Более того, позднее было выяснено, что расчеты В. Гайтлера и Э. Теллера оказались неверными. Для продолжения исследований Завойский пригласил, как и прежде, Б.М. Козырева, а также С.А. Альтшулера (1911–1983), который до этого, окончив Казанский университет, обучался в аспирантуре в Московском университете под руководством И.Е. Тамма, занимаясь теорией магнитных свойств атомных ядер и элементарных частиц¹. Это в значительной мере определило то, что в 1940 г. Завойский вместе с Б.М. Козыревым и С.А. Альтшулером предпринял попытку обнаружить резонансное магнитное поглощение элек-

¹ Альтшулер Н.С., А.Л. Ларионов. Из истории исследования магнитных свойств атомных ядер. Письма И.Е. Тамма к С.А. Альтшулеру // Исследования по истории физики и механики. – М.: Наука, 2000. – С. 71–91.

ромагнитного поля на протонах в жидкости. И хотя результат исследований был отрицательным, данная работа сыграла важную роль в развитии радиоспектроскопии. Это, во-первых, был очень смелый шаг, поскольку к тому времени были известны аргументы крупных авторитетов, которые, казалось, не оставляли надежды на успех эксперимента. Во-вторых, Завойский применил принципиально новую методику эксперимента, которая составляет основу радиоспектроскопии до сих пор: вместо калориметрических измерений он использовал свой метод сечного тока, чувствительность которого на несколько порядков выше; впервые была применена модуляция магнитного поля переменным полем звуковой частоты¹. Первым результатом данного сотрудничества явилось наблюдение Е.К. Завойским, С.А. Альтшулером и Б.М. Козыревым сигналов ядерного (протонного) магнитного резонанса в мае-июне 1941 г. Однако проведению тщательных экспериментов по исследованию этого явления помешала война, полученные результаты не были опубликованы. «Только наша провинциальная скромность или, скорее, нерешительность, – говорил Б.М. Козырев, – не позволяла нам тогда опубликовать наблюдаемые тогда явления»². Е.К. Завойский с сотрудниками был вынужден демонтировать установку, лишив тем самым Казанский университет приоритета в открытии ядерного магнитного резонанса – одного из крупнейших открытий XX века. ЯМР был открыт в 1946 г. американскими физиками Ф. Блохом и Э. Перселлом, за что они были отмечены Нобелевской премией за 1953 г.

В середине 1943 г. у Е.К. Завойского появилась возможность возобновить свои научные исследования. Существенную помощь ему оказал член-корреспондент АН СССР, профессор Я.И. Френкель, заведовавший кафедрой теоретической физики КГУ в 1941–1944 гг. Френкель не только оказывал моральную поддержку исследователю, но и создавал теоретическое обоснование полученным экспериментальным результатам³. Завойский не стал продолжать поиски ЯМР, начатые им перед войной совместно с С.А. Альтшулером и Б.М. Козыревым, а решил сначала реконструировать эксперименты К. Гортера по исследованию поглощения энергии переменного магнитного поля и релаксации в различных

¹ Казанский университет. 1804–1979. (Очерки истории) / Отв. ред. М.Т. Нужин. – Изд-во Казанского университета, 1979. – С. 189.

² Завойский В.К. Академик Е.К. Завойский / В.К. Завойский. – Казань: Татаркиноиздат, 1986. – С. 83.

³ Кессених А.В. Открытие, исследование и применение магнитного резонанса // УФН. Т. 179, № 7. – 2009. – С. 745.

кристаллических веществах. С переходом в конце 1943 г. к области более высоких частот порядка 100 МГц (первоначальные эксперименты проводились на частоте 10 МГц) Завойскому удалось наблюдать пики резонансного поглощения в хлоридах хрома и меди, в карбонате марганца и в ряде других парамагнитных солей, характеризующиеся сильным обменным сужением линии ЭПР. Смещение пиков поглощения в область более сильных магнитных полей с ростом частоты переменного поля являлось прямым доказательством резонансной природы поглощения электромагнитных волн парамагнитными центрами вещества.

Так состоялось открытие электронного парамагнитного резонанса – одного из крупнейших открытий современной физики, давшего один из наиболее глубоких по своей физической природе и наиболее широких по диапазону применений методов изучения микроструктуры вещества на электронном уровне, который используется ныне буквально во всех областях естествознания.

Первое публичное выступление Е.К. Завойского, посвященное ЭПР, состоялось 30 января 1945 г. на защите его докторской диссертации в Физическом институте им. П.Н. Лебедева в Москве. Исключительно широкое распространение метода ЭПР обусловлено тем, что спектры парамагнитных центров в твердых и жидких телах существенно отличаются от спектров свободных атомов и молекул. Информативность метода ЭПР в реальном теле обязана тому, что парамагнитный атом или ион связан в нем электрическими или магнитными силами со своим окружением. По мнению авторитетнейших российских ученых академиков И.Е. Тамма и В.Л. Гинзбурга, открытие ЭПР было одним из крупнейших физических открытий мирового значения, сделанных в нашей стране. Работа Е.К. Завойского выдвигалась на Нобелевскую премию¹ и, по мнению И.Е. Тамма, «большой ошибкой Нобелевского комитета было то, что комитет обошел своим вниманием эти выдающиеся исследования»².

В 1945–1947 гг. Завойский продолжил исследование открытого явления, наметив основные пути развития магнитной радиоспектроскопии. От измерений в области метровых волн он перешел к дециметровому диапазону, ему принадлежит первое исследование резонанса в

¹ Блох М.А. «Нобеллана» В.И. Векслера и Е.К. Завойского // Природа. – 2002. – № 8. – С. 74–80.

² Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л. Казанская физическая школа: выпускники КГУ тридцатых годов XX века – создатели новых научных направлений // Научный Татарстан. – 2002. – № 3/4. – С. 37.

монокристаллах парамагнитных солей Впервые были получены измерения ЭПР при низких температурах (водородных и гелиевых) благодаря возможности, предоставленной академиком П Л Капицей во время краткого, но продуктивного визита Завойского в Институт физических проблем Наряду с поглощением он впервые наблюдал резонансную парамагнитную дисперсию, применив независимо от Блоха известный ныне метод скрещенных катушек Наконец, Завойский обнаружил слабые резонансные линии, соответствующие так называемым «запрещенным» переходам с изменением магнитного квантового числа на $\Delta m > 1$ ¹

Отличительной особенностью Евгения Константиновича была способность быстро и очень эффективно осваивать новые области физики и техники Этому способствовали как обостренное чувство нового, блестящая эрудиция и великолепная память, так и редкое мастерство физика-экспериментатора Для его научного творчества было характерно сознательное стремление к решению таких фундаментальных проблем, которые сулили бы в будущем важное практическое применение В 1947 г Е К Завойский по приглашению И В Курчатова переехал в Москву и начал работать в лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН), ныне называемой Российским научным центром «Курчатовский институт» С августа 1947 г он участвовал в работах по созданию атомной бомбы в КБ-11 (Арзамас-16) Позже Е К Завойским и его сотрудниками были созданы приборы, позволяющие производить измерения с рекордным временным и пространственным разрешением В конце 1950-х годов в нашей стране развернулись исследования в области управляемого термоядерного синтеза (УТС) Огромный опыт работы, приобретенный в казанский период научной деятельности, помог Е К Завойскому обнаружить аномальное поглощение плазмой энергии переменных электромагнитных полей большой амплитуды Новый механизм создания высокотемпературной плазмы для УТС получил название «турбулентный нагрев»

Открытие электронного парамагнитного резонанса было одним из важнейших событий в физике XX столетия Уже вскоре после опубликования первых работ Е К Завойского началось интенсивное развитие исследований в этой области У нас в стране, в Англии, Франции, США и других странах мира на основе использования метода ЭПР возникли и выросли многие научные центры Вслед за ЭПР были открыты ядерный

¹ Казанский университет 1804–1979 (Очерки истории) / Отв ред М Г Нужин – Изд-во Казанского университета, 1979 – С 189

магнитный резонанс, ферромагнитный резонанс, антиферромагнитный резонанс, ядерный квадрупольный резонанс, магнитный акустический резонанс, многие виды двойных резонансов. Возникла и выросла в крупную самостоятельную область науки магнитная радиоспектроскопия. В промышленно развитых государствах образовалась целая индустрия, выпускающая радиоспектроскопическое оборудование.

После отъезда в 1947 г. Е.К. Завойского из Казани созданное им научное направление продолжало развиваться. Сообщество ученых Казани, использующее различные методы магнитного резонанса, образовало Казанскую школу магнитной радиоспектроскопии, которая воспитала десятки докторов и сотни кандидатов наук. В первое время работы велись в Казанском университете и в Физико-техническом институте Казанского филиала АН СССР.

В университете эти исследования велись под руководством С.А. Альтшулера, к тому времени вернувшегося из армии после войны. Многие работы в области парамагнитного резонанса и релаксации были выполнены совместно с сотрудниками физической лаборатории Казанского филиала АН СССР под руководством Б.М. Козырева. Нужно отметить, что в этот же период явление электронного парамагнитного резонанса стало глубоко и многосторонне изучаться во многих лабораториях мира.

По инициативе С.А. Альтшулера было предпринято изучение влияния ядерного спина на спектр парамагнитного резонанса. Учеными Казанского университета в 1948 г. была открыта сверхтонкая структура спектра парамагнитного резонанса, обусловленная ядерным спином (С.А. Альтшулер, Б.М. Козырев, С.Г. Салихов). Развивая теорию спин-решеточного взаимодействия и релаксации в парамагнитных кристаллах, С.А. Альтшулер в 1952 г. предсказал новое физическое явление – акустический парамагнитный резонанс – передачу энергии звука системе магнитных частиц, происходящую тогда, когда квант энергии упругих колебаний равен разности энергий магнитных уровней. Данной работой ученый заложил основы квантовой акустики. Он был автором и инициатором целого ряда фундаментальных пионерских работ в области электронного и ядерного резонансов, физики конденсированных сред.

В 1954 г. С.А. Альтшулер возглавил кафедру теоретической и экспериментальной физики, в исследования включилась большая группа молодых физиков, что сыграло большую роль не только в развитии теоретических и экспериментальных работ в области парамагнитного резонанса, но и вообще физики в университете. Среди работ этого времени, посвященных исследованию парамагнитного резонанса в кристал-

лах, отметим расшифровку спектра ЭПР в рубине (М.М. Зарипов, Ю.Я. Шамонин, 1956). Этот кристалл сыграл впоследствии важную роль в квантовой электронике в качестве рабочего вещества мазеров и лазеров. Экспериментальные исследования резонансного парамагнитного вращения плоскости поляризации позволили на основе дисперсионных соотношений установить связь этого явления с резонансным поглощением и дисперсией (Н.Н. Непримеров, Л.Я. Шекун, 1954–1955). Была построена первая теория магнитного резонанса в ван-Флековских парамагнетиках (М.М. Зарипов, 1956), предложены механизм парамагнитной релаксации в жидкости на основе идеи о ее квазикристаллической структуре (К.А. Валиев, 1958), выяснена природа анизотропии времени спин-решеточной релаксации в кристаллах (Ш.Ш. Башкиров, 1958), исследовано влияние кристаллического поля на форму линии ЭПР вследствие спин-спиновых взаимодействий (У.Х. Копвиллем, 1958–1960), показано, что эффективность спин-решеточной релаксации в твердом теле существенно определяется микроструктурой кристалла (Б.И. Кочелаев, 1959–1960).

С.А. Альтшулер обладал глубокой интуицией физика, ценя в любой работе прежде всего физическую идею. Его теоретические труды всегда были тесно связаны с экспериментом. Он быстро замечал новые плодотворные направления в физике твердого тела, создал мощную школу физиков-теоретиков и экспериментаторов – специалистов в области магнитной радиоспектроскопии. С.А. Альтшулер занимался большой научно-организационной работой. В 1957 г. в КГУ для проведения широких экспериментальных исследований спектров ЭПР и релаксации в ионных кристаллах была открыта проблемная лаборатория магнитной радиоспектроскопии (МРС), научным руководителем которой был назначен С.А. Альтшулер. По существу, он возглавлял единый коллектив, состоящий из кафедр теоретической физики, квантовой электроники и радиоспектроскопии и лаборатории МРС.

Ни с чем не сравнимую роль в воспитании и образовании молодых сотрудников и аспирантов С.А. Альтшулера сыграл постоянно действовавший под его руководством «Магнитный семинар». На семинаре выступали с докладами не только казанские физики; практически из всех вузовских и академических научных центров Советского Союза, специализирующихся в области радиоспектроскопии и физики магнитных явлений, а нередко и из-за рубежа приезжали в Казань как начинающие, так и уже признанные авторитеты, чтобы узнать мнение Семена Александровича о выполненных ими работах. Наиболее запоминающи-

мися были выездные заседания семинара, проходившие в лесу либо на волжских островах, где завязывались непринужденные беседы и обсуждения актуальных проблем и методов теории парамагнитных кристаллов. Быстрому получению информации из первых рук о ведущихся в стране исследованиях в области парамагнитного резонанса способствовало и участие ведущих ученых-физиков в защитах кандидатских и докторских диссертаций на ученом совете при Казанском университете, председателем которого был Семен Александрович. О том значении, которое придавал Альтшулер созданию научной школы, говорят его слова, записанные братом Е.К. Завойского, Вячеславом Константиновичем, в ноябре 1982 г.: «...самое важное, что я сделал, – это сумел подобрать хороших людей и чему-то научил их... В каком бы направлении они ни трудились, теоретики они или экспериментаторы, я знаю, что на первом месте у них наука...»¹.

С.А. Альтшулер был не только выдающимся физиком, но и яркой, обаятельной личностью; человеком требовательным, но великодушным, с тонким и мягким юмором, притягивающим к себе людей, нуждающихся в самых разнообразных научных, житейских советах и помощи. Он увлекал своей душевной молодостью и оптимизмом. С.А. Альтшулер был прекрасным педагогом, его лекции отличались большой глубиной, и относился он к ним очень ответственно. В его лекциях, по воспоминаниям М.М. Зарипова, не было лишнего блеска, но они подкупали слушателей ясностью, доходчивостью объяснения сути физических явлений и убеждали, что понять физику можно, только изучив теоретическую физику². Его отличало заботливое отношение к ученикам и сотрудникам, терпение и самообладание «Он учил личным примером: бескорыстной преданностью науке, порядочностью, обязательным отношением к делу и данному слову»³. Он притягивал к себе молодых людей, увлеченных наукой.

Всего им подготовлено 47 кандидатов наук, 13 из которых стали докторами наук и сами имеют учеников. Это академик *К.А. Валиев*, профессора *Л.К. Аминов*, *Ш.Ш. Башкиров*, *М.М. Зарипов*, *А.Р. Кессель*, *У.Х. Копитлем*, *Б.И. Кочелаев*, *Б.З. Малкин*, *Н.Н. Непримеров*, *И.В. Овчинников*,

¹ Завойский В.К. Академик Е.К. Завойский – Казань Таткнигоиздат, 1986 – С. 130

² Альтшулер Н.С., Тузова Л.Л. Казанская физическая школа. у истоков (вторая половина 1920-х – 1930-е годы XX века) // Научный Татарстан – 2002 – № 2 – С. 30–39

³ Завойский В.К. Академик Е.К. – Казань Таткнигоиздат. 1986 – С. 131

Ю Е Польшкий, М А Теплов, А Х Хасанов и др Они возглавляли и возглавляли целый ряд кафедр, лабораторий и научных институтов Казани и других городов нашей страны¹

С.А. Альтшулер вместе с Б.М. Козыревым написал ставшую настольной для специалистов по магнитной радиоспектроскопии книгу «Электронный парамагнитный резонанс» (1961)², в которой впервые был дан полный обзор теоретических и экспериментальных исследований ЭПР примесных парамагнитных кристаллов, стекол и растворов Второе издание книги, существенно переработанное и дополненное, было опубликовано в 1972 г.³ В книге были детально изложены основы физики магнитного резонанса, обобщены результаты экспериментальных исследований ЭПР. Монография сыграла существенную роль в распространении методов магнитной радиоспектроскопии не только в Советском Союзе, но и во всем мире, поскольку была переведена и издана в США и Англии, ГДР и Польше

В 1945 г. был создан Казанский филиал АН СССР (ныне Казанский научный центр РАН) В августе 1945 г. при филиале был организован Казанский физико-технический институт, становление и развитие физических исследований в котором связано с открытием в 1944 г. Е.К. Завойским явления электронного парамагнитного резонанса Одним из основателей школы по радиоспектроскопии в КФТИ стал Б.М. Козырев⁴

Это был высокообразованный человек, увлекавшийся поэзией, искусством, философией, по молодости собираясь посвятить этому свою дальнейшую жизнь, читал зарубежных классиков на языке оригинала, овладев немецким, английским и французским языками, занимался ис-

¹ Альтшулер Н С, Ларионов А Л Казанская физическая школа выпускники КГУ тридцатых годов XX века – создатели новых научных направлений // Научный Татарстан – 2002 – № 3/4 – С 36–44 – С 39

² Альтшулер С А, Козырев Б М Электронный парамагнитный резонанс – М Физматгиз, 1961 – 368 с

³ Альтшулер С А, Козырев Б М Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп – 2-е изд – М Наука, 1972 – 672 с

⁴ Борис Михайлович Козырев. 1905–1979 – Казань Изд-во Каз ун-та. 2004, Б.М. Козырев Жизнь и творчество Сб. восп / Сост. Е.Б. Козырева. – Казань, 2005, Борис Михайлович Козырев (К 70-летию со дня рождения) // УФН Т 116, вып 3 – 1975 – С 550–552, Хайруллин И. Учитель и наставник // Казань – 2001 – № 12 – С 102–103, Яблоков Ю В Вклад Б.М. Козырева в развитие радиоспектроскопии // Сб. Радиоспектроскопия конденсированных сред – М, 1990 – С 3–13

следованиями творчества русских поэтов. После окончания естественного отделения физико-математического факультета он был приглашен лаборантом на кафедру физической химии. Под руководством профессора А.Ф. Герасимова начал вести научные исследования, которые постепенно его увлекли. Настоящее же увлечение наукой пришло после встречи с Е.К. Завойским, и тогда радиоспектроскопия стала делом всей его жизни. Большая часть работ была посвящена изучению широкого круга вопросов магнитной радиоспектроскопии.

Вскоре после организации в Казани филиала Академии наук СССР Б.М. Козырев поступил на работу в сектор физики Казанского физико-технического института академии. Сектором тогда заведовал Е.К. Завойский, а после его отъезда Б.М. Козырев был назначен руководителем сектора и впоследствии превратил его в большой отдел радиоспектроскопии со многими лабораториями. Козыреву принадлежит заслуга открытия парамагнитного резонанса в свободных радикалах. Он открыл влияние ядерного спина на ЭПР, исследовал со своими сотрудниками ЭПР и парамагнитную релаксацию в растворах и электролитах. В его лаборатории была детально разработана методика исследования комплексообразования, приведшая к широкому использованию радиоспектроскопии для целей неорганической химии.

По мнению Е.К. Завойского, «характерной особенностью созданной научной школы является чрезвычайно широкий фронт работ... Эта широта сочетается с высоким научным уровнем исследований»¹.

Для многих сотрудников Казанского физико-технического института Б.М. Козырев был руководителем, учителем и вместе с тем другом. «Как руководителю мы благодарны ему за исключительно широкий научный кругозор и удивительную демократичность, – вспоминает ученик И.В. Овчинников. – Как учителю мы благодарны ему за предоставление максимум творческой свободы и в то же время готовность в любую минуту помочь. Он завещал нам сохранять и развивать основанные им направления, внося в них дух нового. Как другу мы обязаны ему тем, что он не оставлял нас в беде»².

Б.М. Козырев не только внес огромный вклад в науку, в радиоспектроскопию, оказав существенное влияние на ее развитие. Под его руководством были открыты практически все новые физические подразделе-

¹ Завойский В.К. Академик Е.К. Завойский. – Казань: Таткнигоиздат, 1986. – С. 105.

² Указ. соч., с. 106.

ления Казанского физико-технического института, живущие и сейчас полнокровно жизнью. Еще один важный шаг – это основанная им школа магнитного резонанса. Это не просто семь докторов и двадцать три кандидата наук, которых подготовил непосредственно он, среди которых *Н.С. Гарифьянов, Г.П. Вишневская, И.А. Сафин, П.Г. Тишков, Ю.Я. Шамонин, Ю.В. Яблоков* и др. Это и многие неофициальные ученики, кто воспринял его любовь и преданность науке, считая главной целью постижение истины. Кроме того, Б.М. Козырев оказывал прямую поддержку развитию радиоспектроскопических исследований во многих научных центрах страны. Учеными Казанской научной школы радиоспектроскопии получены основополагающие результаты в таких направлениях, как парамагнитная релаксация, ЭПР в диэлектрических кристаллах, магнитный резонанс в ван-Флекковских парамагнетиках, ЭПР и ЯМР металлов и сверхпроводников, ЭПР свободных радикалов и др. Значительными событиями научной жизни стали международные юбилейные конференции в честь 25-, 50- и 60-летия открытия ЭПР. С 1990 г. издается международный журнал *Applied magnetic resonance* (на английском языке).

Можно сделать вывод о том, что результатом научного открытия, сделанного Е.К. Завойским, и дальнейшего развития исследований, проводимых в сотрудничестве с С.А. Альтшулером и Б.М. Козыревым, было становление нового направления в физике – магнитной радиоспектроскопии. Эти научные открытия и неформальные объединения исследователей положили начало созданию школы казанских физиков со всеми конституирующими признаками: научным лидером, общей темой, исследовательским методом, системой подготовки кадров, преемственностью поколений, установившимися традициями. Эта научная школа сосредоточена сегодня в КГУ, Физтехе и Институте органической и физической химии им. А.Е. Арбузова.

Таким образом, научные школы, как зарубежные, так и отечественные, оказали серьезное влияние на развитие физики. Когда говорят об успехах науки, то часто обращаются к научным школам¹. Научные школы как форма передачи знаний от поколения к поколению через учеников зародились еще в античной Греции (школы Пифагора, Гиппократ, Платона, Аристотеля и т. д.), и само понятие научной школы возникло

¹ Будников Г.К. Колонка редактора // Ученые записки Казанского государственного университета. Т. 147. Серия «Естественные науки». Кн. 3. – 2005. – С. 4.

едва ли не со времен возникновения самой науки¹. По сути история рассмотренных физических школ – это история ряда научных направлений современной физики сквозь призму этих школ, т. е. еще один метод исследования движения идей в процессе реализации научных программ школ. Из-за обилия и широты материала автору пришлось ограничиться рассмотрением только некоторых крупных неформальных объединений физиков. За кадром остались школы В.И. Векслера, В. Гейзенберга, П.Л. Капицы, П.П. Лазарева, П. Ланжевена, М.А. Леонтовича, Э. Лоуренса, Р. Опленгеймера, Р. Поля, П. Шеррера, Л.В. Шубникова, П. Эренфеста и др. Их создатели также оставили богатое научное наследие – учеников, которые и сегодня успешно продолжают дело своих учителей.

Сейчас понятие «научная школа» применяется к весьма разнообразным структурам, и существует несколько вариантов его толкования. Не во всех странах, даже в тех, где достигнут прогресс и успехи науки особенно впечатляют, имеются научные школы. Эти структуры различаются по масштабам и характеру деятельности. Несмотря на то, что к середине XX в. наряду с неофициально сложившимися коллективами формировались различные учреждения: лаборатории, институты, которые работали под руководством одного или ряда лидеров (школы Курчатов, Альтшулера и Завойского), тем не менее в них сохранялись основные признаки научных школ.

¹ Грезнева О.Ю. Научные школы (педагогический аспект). – М., 2003. – С. 7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных условиях интенсивного развития науки, техники, новых технологий проблема изучения коллективного творчества становится все более актуальной. С момента своего рождения наука, в том числе и физика, делалась и отдельными учеными, тяготеющими к кабинетной работе, и группами исследователей – научными школами. Так было и в Древней Греции, когда мыслители отстаивали свои убеждения самостоятельно или развивали воззрения своих предшественников. Именно тогда зародились зачатки коллективных форм науки: академии, лицеи, школы. Так было в эпоху Средневековья, когда часть ученых творила в затворничестве, а часть предпочитала делиться своими знаниями с учениками и последователями, и наиболее благоприятной средой для такого развития были кружки, академии наук и университеты. Развитие научных исследований и потребность в их расширении привели к зарождению новых форм организации физической науки: физических лабораторий и научно-исследовательских институтов, расцвет которых приходится на XIX в. Они стали благоприятной основой для зарождения к концу XIX века научных школ в физике, ставших основой формирования коллективного научного творчества. Словом, от эпохи к эпохе в связи с различными социальными условиями развития науки менялись и условия творчества ученого.

В связи с развитием новых форм организации научных работ к началу XX в. время одиночек-профессоров практически завершилось, и научные исследования стали проводиться тремя категориями работников: преподавателями университетов, сотрудниками научных организаций промышленности и государственными научными сотрудниками.

Сегодня во многих областях физики – ядерной физике, физике элементарных частиц, физике плазмы, космической физике и др. – для получения новых результатов потребовалось строительство дорогостоящих экспериментальных установок и целых комплексов таких установок (ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц и т. д.). Роль государственного финансирования исследований во многих областях физики возросла, были созданы специальные государственные органы для их координации и контроля, составлены национальные программы и планы развития науки, произошло разделение научного труда как между физическими институтами данной страны, так и между странами. Это дало толчок к возникновению большого числа специализированных физических институтов, а также к международной кооперации в физи-

ческих исследованиях, появлению крупных международных физических институтов, научно-исследовательских центров и координирующих организаций. С 50-х годов XX века успешно работает международный центр ЦЕРН в Швейцарии, где на протяжении нескольких десятилетий плодотворно работают в области ядерной физики ученые многих стран. В эти же годы создаются Европейское сообщество по атомной энергии – Евратом (1957), Европейское физическое общество – EPS (1968), Северный институт теоретической физики (1957, Копенгаген) и другие международные сообщества. Другой пример удачной концентрации сил и средств на проведении важных дорогостоящих исследований – международная космическая станция, в создании и эксплуатации которой принимают участие несколько стран.

Таким образом, правомерно сформулировать вывод о том, что и сегодня физика делается не только отдельными видными учеными, тяготеющими к кабинетной работе, но и школами и большими объединениями физиков, словом, коллективно. И в этом залог ее дальнейших успехов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрам Федорович Иоффе (1880–1960). – М.: Наука, 1981. – 136 с.
2. Абрикосов А.А. Академик Л.Д. Ландау. – М.: Наука, 1965. – 46 с.
3. Аверьянова Г.Н. Ценности университетского образования: эволюционный подход: Монография. – М.: МГУ, 2005. – 160 с.
4. Адамов Б.Н. Франц Нейман – ученый и педагог / URL: <http://jmcromio.narod.ru/03.HTM>
5. Академик Игорь Евгеньевич Тамм: (Сб. статей). – М.: Знание, 1973. – 64 с.
6. Академик Л.И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения / Отв. ред. С.М. Рытов. – М.: Наука, 1979. – 312 с.
7. Академические научные школы Санкт-Петербурга: К 275-летию Акад. наук / РАН. С.-Петерб. науч. центр; Под ред. Троппа Э.А. и др. – СПб., 1998. – 252 с.
8. Алфёров Ж.И. Папа Иоффе и его «детский сад» (Лекция из цикла «Наука и культура XXI века», АФТУ, 10 октября 2008 года) // Наука и культура: избранные лекции / Сост. Ю.В. Трушин. – СПб.: БАН, 2009. – 208 с. – С. 127–167.
9. Альтернативные социальные сообщества в античном мире: Сб. статей / Под ред. Э.Д. Фролова. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2002. – 324 с.
10. Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л. Казанская физическая школа: выпускники КГУ тридцатых годов XX века – создатели новых научных направлений // Научный Татарстан. – 2002. – № 3/4. – С. 36–44.
11. Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л. Физическая школа Казанского университета с конца 20-х до 40-х годов XX века. История развития и научные достижения ее выпускников. – Казань: Изд-во КГУ, 2002. – 150 с.
12. Альтшулер Н.С., Ларионов А.Л., Монахова Н.И. Физические исследования в Казанском университете в послевоенные 1940–1970-е гг. / Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – 752 с. – С. 155–196.
13. Альтшулер Н.С., Тузова Л.Л. Казанская физическая школа: у истоков (вторая половина 1920-х – 1930-е годы XX века) // Научный Татарстан. – 2002. – № 2. – С. 30–39.
14. Альтшулер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс. – М.: Физмагиз, 1961. – 368 с.

15. Альтшулер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. – 2-е изд. – М.: Наука, 1972. – 672 с.
16. Альтшулер Н.С., А.Л. Ларионов. Из истории исследования магнитных свойств атомных ядер. Письма И.Е.Тамма к С.А. Альтшулеру // Исследования по истории физики и механики. – М.: Наука, 2000. – С. 71–91.
17. Аль-Фараби. Социально-этические трактаты. – Алма-Ата: Казахиздат, 1973. – 436 с.
18. Андреев А.Ю., Левшин Л.В. Страхов Петр Иванович (1757–1813) / URL: <http://www.phys.msu.ru/rus/about/history/RECTORS-MSU/>
19. Антисери Д. и Реале Дж. Западная философия от истоков до наших дней. От Возрождения до Канта / В пер. и под ред. С.А. Мальцевой. – СПб.: Пневма, 2002. – 880 с.
20. Антонов А.Н. Преемственность и возникновение нового знания в науке. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1985. – 171 с.
21. Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Т. II, III. – Ижевск: НИЦ «Регулярная хаотическая динамика», 2000. – 464 с.
22. Асташенков П.Т. Курчатов. – М.: Молодая гвардия, 1968. – 200 с.
23. Ахиезер А.И. Харьковская школа теоретической физики // УФЖ. – 1985. – № 30. – С. 645–661.
24. Берестецкий В.Б. Лев Давидович Ландау // УФН. Т. 64. – 1958. – С. 615–616.
25. Бернардини К. Ребята с улицы Панисперна: К 100-летию Энрико Ферми // Природа. – 2001. – № 9. – С. 19–28.
26. Бессараб М.Я. Ландау. – М.: Московский рабочий, 1978. – 232 с.
27. Бикбулатов Р. Евгений Завойский // Казанские истории. – 2004. – № 7–8 / URL: <http://1000kzn.ru/article/ru/2915/383/1/>
28. Бильфингер Георг-Бернгард: статья на сайте «Русский биографический словарь» / <http://rulex.ru>
29. Блох М.А. «Нобелиана» В.И. Векслера и Е.К. Завойского // Природа. – 2002. – № 8. – С. 74–80.
30. Борис Михайлович Козырев, 1905–1979. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 2004. – 23 с.
31. Б.М. Козырев. Жизнь и творчество: Сб. восп. / Сост. Е.Б. Козырева. – Казань, 2005. – 207 с.
32. Борис Михайлович Козырев (К 70-летию со дня рождения) // УФН. Т. 116, вып. 3. – 1975. – С. 550–552.

33. Борн М. Моя жизнь и взгляды. – М.: Прогресс, 1973. – 176 с.
34. Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука, 1977. – 480 с.
35. Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 535 с.
36. Брумберг Е.М., Вавилов С.И. // Изв. АН СССР (ОМОН). – 1933. – № 7. – С. 919–941.
37. Бугаевский А.В., Менцин Ю.Л. Создатель первой обсерватории Московского университета: (К 200-летию со дня рождения Д.М. Перешоикова) // Земля и Вселенная. – 1988. – № 4. – С. 27–32.
38. Вавилов С.И. Глаз и солнце. – М.: Амфора, 2006. – 334 с.
39. Вавилов С.И. Собрание сочинений. 4 т. – М.: Изд-во АН СССР, 1954–1956.
40. Вавилов С.И. Советская наука на новом этапе. – М.: Изд-во АН СССР, 1946. – 103 с.
41. Вавилов С.И. Флуктуации света и их измерения визуальным методом // Тр. физиол. оптики. – Л., 1936. – С. 332–342.
42. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М.: Атомиздат, 1977. – 272 с.
43. Васильев А. Эрнст Аббе и «Карл Цейс Йена» // Квант, 2000. – № 1. – С. 17–19.
44. Ведущие научные школы России: Справочник. – М.: Янус-К, 1998. – 624 с.
45. Вигнер Э. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – 318 с.
46. Визгин В.П. Физика в Москве / Отв. ред. В.М. Орел // Москва научная. – М.: Янус-К, 1997. – 536 с.
47. Воробьев В.В. Лев Ландау и «антисоветская забастовка физиков» / Публ. и пер. с укр. Ю.Н. Рапока // ВИЕТ. – 1999. – № 4. – С. 92–101.
48. Воспоминания о И.Е. Тамме. – М.: Наука, 1981. – 110 с.
49. Воспоминания о И.Е. Тамме. – 3-е изд. / Под ред. Е.Л. Фейнберга. – М.: Наука, 1995. – 433 с.
50. Воспоминания об А.Ф. Иоффе. – Л.: Наука, 1973. – 262 с.
51. Воспоминания об академике Д.С. Рождественском. – Л.: Наука, 1976. – 168 с.
52. Гайденок В.П., Смирнов Г.А. Западноевропейская наука в средние века: Общие принципы и учение о движении. Разд. 3 «Средневековая физика». – М.: Наука, 1989. – 352 с., с. 214–345.
53. Гейзенберг В. Памяти Макса Борна // УФН. 102, вып. 1. – 1970. – С. 149–152.

54. Герье В. Лейбниц и его век. – СПб., 1868. – 413 с.
55. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. – 528 с.
56. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки. – М.: Высшая школа, 1989. – 576 с.
57. Головин И.Н. И.В. Курчатов. – 3-е изд. – М.: Атомиздат, 1978. – 134 с.
58. Голоушкин В.Н. Э.Х. Ленц – создатель и руководитель русской школы физиков середины XIX ст. // Учен. зап. Ленингр. пед. ин-та. Т. 103. – 1955. – С. 311–318.
59. Гольдман А.Г. Михаил Петрович Авенариус и киевская школа экспериментальной физики // УФН. Т. 44, вып. 4. – 1951. – С. 586–590.
60. Горелик Г.Е. Как рождался «Курс теоретической физики» // Природа. – 2005. – № 8. – С. 67–76.
61. Горелик Г.Е. Мифы, легенды и документы из жизни Л.Д. Ландау / Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – 752 с.
62. Горелик Г.Е. С(о)ветская жизнь Льва Ландау. – М.: Вагриус, 2008. – 463 с.
63. Грезнева О.Ю. Научные школы (педагогический аспект). – М., 2003. – 69 с.
64. Гринберг А.П., Френкель В.Я. Игорь Васильевич Курчатов в Физико-техническом институте. – Л.: Наука, 1984. – 181 с.
65. Гуло Д.Д., Осинковский А.Н. Дмитрий Сергеевич Рождественский (1876–1940). – М.: Наука, 1980. – 288 с.
66. Гуревич И.И., Смородинский А.Я. Научные труды Энрико Ферми // УФН. Т. 114, вып. 2. – 1974. – С. 385–387.
67. Давыдов А.С., Храмов Ю.А. Игорь Евгеньевич Тамм – ученый и учитель // УФЖ. 30. – № 11. – 1985. – С. 17–49.
68. Данин Д.С. Резерфорд. – М.: Молодая гвардия, 1966. – 650 с.
69. Данин Д.С. Труды и дни Нильса Бора. – М.: Знание, 1985. – 80 с.
70. Двадцать лет инженерно-физического факультета ЛПИ. – Л., 1939. – 68 с.
71. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики: С древнейших времен до конца XVIII века. – 2-е изд., стереотипное. – М.: КомКнига, 2007. – 352 с.
72. Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни ее творцов. – М.: Просвещение, 1986. – 257 с.

73. Евгений Константинович Завойский (1907–1976). – М.: Наука, 1988. – 63 с.

74. Евгений Константинович Завойский (1907–1976): Материалы к биографии / Под ред. К.М. Салихова. – 2-е изд., испр. и доп. – Казань: УНИПРЕСС, 1998. – 95 с.

75. Елизаров В.П. «Республика Ученых»: Лейбниц и Мерсенн // Г.В. Лейбниц и Россия: Материалы Международной конференции. Санкт-Петербург, 26–27 июня 1996 г. / Отв. редакторы Т.В. Артемьева, М.И. Микешин. – СПб.: СПб НЦ, 1996. – 223 с.

76. Ефимов А.В. Очерки истории США. 1492–1870. – 2-е изд. – М.: Учпедгиз, 1958. – 440 с.

77. Завойский В.К. Академик Е.К. Завойский. – Казань: Таткнигоиздат, 1986. – 175 с.

78. Зоммерфельд А. Пути познания в физике. – М.: Наука, 1973. – 318 с.

79. Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. В 2 т. – М.: Гостехтеориздат, 1956. – Т. 1. – 593 с.; т. 2. – 694 с.

80. Игорь Васильевич Курчатов // УФН. Т. 123, в. 4. – 1961. – С. 593–604.

81. Игорь Евгеньевич Тамм (1895–1971). – М.: Наука, 1974. – 56 с.

82. Из воспоминаний о Сергее Ивановиче Вавилове // Тр. Ин-та истории естествознания и техники. – 1957. – № 17. – С. 137–153.

83. Ильин В.А. История физики: Учебн. пособие для высш. пед. учеб. заведений. – М.: Академия, 2003. – 272 с.

84. Интеллектуальная элита Санкт-Петербурга. Ч. 1. / Под ред. С.А. Кутеля. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1993. – 169 с.

85. Иоффе А.Ф. Ленинградский физико-технический институт // Научно-исследовательские институты тяжелой промышленности. – М.-Л., 1936. – С. 1–13.

86. Иоффе А.Ф. О физиках и физике. – Л.: Наука, 1977. – 259 с.

87. История XIX века. – 2-е изд., испр. и доп. / Под ред. Э. Лависса и А. Рамбо; Пер. с фр. – М.: ОГИЗ, 1938. – Электронный ресурс: на сайте «Библиотека Якова Кротова» (http://www.krotov.info/history/19/55/laviss_26.htm)

88. История физики и астрономии в Казанском университете за 200 лет. – 2-е изд., перераб. и доп. / Отв. ред. А.В. Аганов, М.Х. Салахов; сост., ред. Н.С. Альтшулер. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2007. – 498 с.

89. Казанский университет. 1804–1979. (Очерки истории) / Отв. ред. М.Т. Нужин. – Изд-во Казанск. ун-та, 1979. – 304 с.

90. Капица П.Л. Роль выдающегося ученого в развитии науки: Доклад на открытии Международного коллоквиума, посвященного 100-летию со дня рождения Э. Резерфорда // Техника – молодежи. – 1972. – № 1. – С. 14–15.
91. Капцов Н.А. Воспоминания о Петре Николаевиче Лебедеве // УФН. Т. 46, вып. 3. – 1952. – С. 325–328.
92. Капцов Н.А. Роль Петра Николаевича Лебедева в создании научно-исследовательских кадров // УФН. Т. 77, вып. 4. – 1962. – С. 583–588.
93. Кара-Мурза С.Г. Проблемы организации научных исследований. – М.: Наука, 1981. – 206 с.
94. Карцев В.П. Открытие Кавендишской лаборатории и первые годы Кавендишской физической школы // Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. – М.: Наука, 1977. – С. 363–379.
95. Карцев В.П. Социальная психология науки и проблемы историко-научных исследований. – М.: Наука, 1984. – 308 с.
96. Касымжанов А.Х. Абу-Наср аль-Фараби / А.Х. Касымжанов. – М.: Мысль, 1982. – 198 с.
97. Кедров Ф. Цепная реакция идей: Серия «Творцы науки и техники». – М.: Знание, 1975. – 192 с.
98. Кедров Ф. Цепная реакция идей: Серия «Творцы науки и техники». – М.: Знание, 1985. – 192 с.
99. Кеззом В. Гелий. – М.: Изд-во иностр. лит., 1949. – 542 с.
100. Келер В. Сергей Вавилов. – М.: Молодая гвардия, 1975. – 319 с.
101. Кессених А.В. Открытие, исследование и применение магнитного резонанса // УФН. Т. 179. – № 7. – 2009. – С. 737–763.
102. Кикоин И.К. Игорь Васильевич Курчатов // Замечательные ученые. – М., 1980. – С. 183–190.
103. Кононков А.Ф. История физики в Московском университете. 1755–1859. – М.: Изд-во МГУ, 1955. – 300 с.
104. Копелевич Ю.Х. Возникновение научных академий: середина XVII – середина XVIII вв. / Копелевич Ю.Х. – Л., 1974. – 265 с.
105. Копелевич Ю.Х. Фрэнсис Бэкон и возникновение научных академий // Вопросы истории естествознания и техники. – 1972. – Вып. 1(38). – С. 19–25.
106. Корзухина А.М. Институционализация преподавания физики в Петербургском и Московском университетах (1863–1917) // ВИЕТ. – 1995. – Вып. 3. – С. 122–127.
107. Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова. Очерки и воспоминания. – Л.: Наука, 1967. – 447 с.

108. Кравец Т.П. Роль университетов и других высших школ в развитии отечественной науки // От Ньютона до Вавилова. Очерки и воспоминания. – Л.: Наука, 1967. – С. 219–243.
109. Кравец Т.П. Сергей Иванович Вавилов // УФН. Т. 46. – 1952. – С. 3–22.
110. Кравец Т.П. П.Н. Лебедев и созданная им физическая школа // От Ньютона до Вавилова. – Л.: Наука. – 447 с. – С. 321–327.
111. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – 2-е изд., испр. и доп. / П.С. Кудрявцев. – М.: Просвещение, 1982. – 448 с.
112. Кудрявцев С.П. Д.Д. Томсон. – М.: Просвещение, 1986. – 80 с.
113. Кудрявцев С.П. Физические лаборатории высшей школы второй половины 19 в. // История и методология естественных наук. – 1979. – Вып. 21. – С. 118–126.
114. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Издательство АСТ, 2001. – 608 с.
115. Куперштох Н.А. Научные школы России и Сибири: проблемы изучения // Философия науки. – 2005. – № 2(25). – Новосибирск. – С. 93–106.
116. Купфер А.Я. Путешествие на Урал // Урал. старина: Лит.-краевед. зап. – 1996. – Вып. 2. – Екатеринбург. – С. 75–83.
117. Ладыжец Н.С. Университетское образование: идеалы, цели, ценностные ориентации. – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1992. – 237 с.
118. Лазарев П.П. А.Г. Столетов, Н.А. Умов, П.Н. Лебедев, Б.Б. Голицын. – Л.: Научн. хим.-техн. изд-во, 1927. – 91 с.
119. Лазарев П.П. Воспоминания о П.Н. Лебедеве // УФН. Т. 77, вып. 4. – 1962. – С. 571.
120. Лазарев П.П. Очерки истории русской науки. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 248 с.
121. Ланге К.А. Организация управления научными исследованиями. – Л.: Наука, 1971. – 248 с.
122. Ландау Л.Д. Собрание трудов. В 2 т. – М.: Наука, 1969.
123. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Электродинамика сплошных сред. – М.: Физматгиз, 1959. – 532 с.
124. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Механика сплошных сред. – М.: Гостехтеоретиздат, 1953. – 788 с.
125. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Теория поля. – М.: Гостехтиздат, 1941. – 364 с.
126. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Теория упругости. – М.: Наука, 1965. – 202 с.

127. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Т. III. Теоретическая физика. – Изд. 2-е, пер. и доп. – М.: Наука, 1963. – 704 с.
128. Ландау Л.Д., Пятагорский Л.М. Механика. – М.–Л.: ГИТТЛ, 1940. – 200 с.
129. Ларина О.В., Гитун Т.В., Пивоваров И.А., Щеглов А.В. Лауреаты Нобелевской премии. – М.: Дом славянской книги, 2006. – 864 с.
130. Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия. В 2 кн. – М.: Прогресс, 1992. – Кн. 1. – 740 с.; кн. 2. – 852 с.
131. Лебедев В.И. Исторические опыты по физике. – 2-е изд., испр. – М.: КомКнига, 2006. – 312 с.
132. Лебедев П.Н. Собрание сочинений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 436 с.
133. Лёвшин Л.В. Сергей Иванович Вавилов. – М.: Наука, 1977. – 431 с.
134. Лёвшин Л.В. С.И. Вавилов – создатель и глава советской школы люминесценции // Изв. АН СССР. Сер. физ. Т. 15. – 1951. – С. 513–522.
135. Ленинградский физико-технический институт Академии наук СССР // ЖЭТФ. Т. 10. – 1940. – С. 576.
136. Ливанова А. Л.Д. Ландау. – М.: Знание, 1983. – 192 с.
137. Ливанова А.М. Физики о физиках. – М.: Молодая гвардия, 1968. – 253 с.
138. Ляцкий Л. Энрико Ферми. – М.: Атомиздат, 1965. – 148 с.
139. Мандельштам Л.И. Полное собрание трудов. В 5 т. – Л., М.: Изд-во АН СССР, 1948–1955.
140. Марголис Ю.Д., Тишкин Г.А. Единым вдохновением: Очерки истории университетского образования в Петербурге в конце XVIII – первой половине XIX вв. – СПб., 2000. – 228 с.
141. Мендельсон К. На пути к абсолютному нулю: Введение в физику низких температур. – М.: Атомиздат, 1971. – 240 с.
142. Мигулин В.В. Л.И. Мандельштам и исследования по радиоинтерферометрии // УФН. Т. 128, вып. 4. – 1979. – С. 667–680.
143. Мигулин В.В. Л.И. Мандельштам и становление советской физики // Природа. – 1979. – № 5. – С. 44–54.
144. Модина Э.Б., Франкфурт У.И. Из истории научной мысли XVII века // У истоков классической науки: Сб. статей / Отв. ред. А.Н. Боголюбов. – М.: Наука, 1968. – С. 326–344.
145. Мур Р. Нильс Бор – человек и ученый. – М.: Мир, 1969. – 471 с.

146. Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 1. – СПб.: РХГА, 2005. – 720 с; Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – 752 с.
147. Немецкие ученые – профессора Казанского университета / Авт.-сост.: В.Г. Диц, А.В. Гарзавина, И.А. Новикова. – Казань: Немецкий дом Республики Татарстан, 2004. – 178 с.
148. Нильс Бор. Жизнь и творчество / Сб. статей. – М.: Наука, 1967. – 344 с.
149. Новейший философский словарь. – 3-е изд., испр. – Мн.: Книжный дом, 2003. – 1280 с.
150. Обреимов И.В. Дмитрий Сергеевич Рождественский // Тр. гос. опт. ин-та, вып. 175. – 1974. – С. 3–30.
151. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. – М.: Наука, 1990. – 304 с.
152. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
153. Отдел теоретической физики им. И.Е. Тамма Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР. – М., 1985. – (Препр. / АН СССР, Физ. ин-т им. П.Н. Лебедева, № 34).
154. Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / Под ред. Микулинского С.Р. – М.: Наука, 1982. – 278 с.
155. Очерки Марджани о восточных народах / Вст. статья, комментарии, перевод с арабского, старотатарского языка и примечания А.Н. Юзеева. – Казань: Таткнигоиздат, 2003. – 175 с.
156. Памяти Сергея Ивановича Вавилова: Сб. статей, под ред. А.Н. Несмеянова и др. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 376 с.
157. Памяти Бориса Михайловича Козырева // УФН. Т. 132, вып. 3. – 1980. – С. 586–588.
158. Папалекси Н.Д. Краткий очерк жизни и научной деятельности Леонида Исааковича Мандельштама // Изв. АН СССР. Сер. физ. 9. – № 1/2. – 1945. – С. 8–20.
159. Парамагнитный резонанс: Казанская школа радиоспектроскопии. 1944–1971: Сб. статей / Под ред. А.В. Митина. – М.: Атомиздат, 1974. – 296 с.
160. Пасецкий В.М. Адольф Яковлевич Купфер, 1799–1865. – М.: Наука, 1984. – 207 с.
161. Паули В. Физические очерки / Под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Наука, 1975. – 256 с.
162. Понтекорво Б. Энрико Ферми (1901–1954) // УФН. Т. 107, вып. 3. – 1955. – С. 349–359.

163. Проблемы современной физики: Сб. ст. к 100-летию со дня рождения А.Ф. Иоффе. – Л.: Наука, 1980. – 587 с.
164. Проблемы теоретической физики: Памяти И.Е. Тамма. – М.: Наука, 1972. – 495 с.
165. Пуанкаре А. Эволюция современной физики. – Спб.: Издание товарищества «Знание», 1910. – 184 с.
166. Рагульский В.В. Самый замечательный человек среди ученых (к 130-летию со дня рождения Л.И. Мандельштама) // УФН. Т. 179. – № 11. – 2009. – С. 1245–1251.
167. Радиоспектроскопия конденсированных сред./ Под ред. М.М. Зарипова. – М.: Наука, 1990. – 292 с.
168. Развитие физики в России. В 2 т. / Под ред. А.С. Предводителевой, Б.И. Спасского. Сост. А.Ф. Коноков. – М.: Просвещение, 1970. – Т. 1. – 415 с.; т. 2. – 447 с.
169. Резерфорд – ученый и учитель: К 100-летию со дня рождения / Под ред. П.Л. Капицы. – М.: Наука, 1973. – 215 с.
170. Резерфорд Э. Избранные научные труды. Строение атома и искусственное превращение элементов. Т. 2. – М.: Наука, 1973. – С. 492.
171. Рождественский Д.С. Работы по аномальной дисперсии в парах металлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 396 с.
172. Румер Ю.Б. Макс Борн // УФН. Т. 78. – 1962. – С. 695–699.
173. Рытов С.М. Развитие теории нелинейных колебаний в СССР // Радиотехника и электроника. – 1957. – № 11. – С. 1435–1450.
174. Сагадеев А.В. Ибн-Сина (Авиценна) / А.В. Сагадеев. – М.: Мысль, 1985. – 222 с.
175. Сахаров А.Д. Воспоминания. В 2 т. Т. 2. – М.: Права человека, 1996. – 862 с. – URL: <http://bibliotekar.ru/saharov/9.htm> (Глава 8).
176. Сегре Э. Энрико Ферми – физик. – М.: Мир, 1973. – 323 с.
177. Семенов Н.Н. Наука и общество. – М.: Наука, 1973. – 480 с.
178. Сергей Иванович Вавилов: Очерки и воспоминания. – М.: Наука. – 1981. – 350 с.
179. Силкин И.И. Евгений Константинович Завойский: Документальная хроника научной и педагогической деятельности в Казанском университете. – Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2005. – 239 с.
180. Смагина Г.И. Академия наук и развитие образования в России в XVIII веке // Вестник РАН. – 2000. – Т. 70. – № 7. – С. 635–644.
181. Смит Г.Д. Атомная энергия для военных целей. – М.: Трансжелдориздат, 1946. – 276 с.

182. Смородинский Я.А. Памяти Макса Борна // Вести АН СССР. – 1970. – № 3. – С. 83–84.
183. Соболев Г.Л., Тихонов И.Л., Тишкин Г.А. 275 лет. Санкт-Петербургский университет. Летопись 1724–1999. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1999. – 422 с.
184. Соيفер В.Н. Академик и студент (Из воспоминаний об И.Е. Тамме) // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие годы: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. – СПб.: РХГА, 2007. – 752 с.
185. Соловьев Ю.И. Академик С.И. Вавилов: драма русского интеллигента // ВИЕТ. – 1999. – № 1. – С. 132–156.
186. Соминский М.С. Абрам Федорович Иоффе. – М., Л.: Наука, 1964. – 643 с.
187. Старосельская-Никитина О.А. Эрнест Резерфорд (1871–1937). – М.: Наука, 1967. – 316 с.
188. Тамм И.Е. Нильс Бор – великий физик XX века // УФН. Т. 80. – № 1. – 1963. – С. 191–195.
189. Тепляков М. А.Г. Столетов – основатель московской школы физиков // Учен. зап. Тамбов. пед. ин-та. – 1955. – Вып. 8. – С. 42–62.
190. Толстой Н.А. Сергей Иванович Вавилов // Опт.-мех. пром-ть. – 1961. – № 3. – С. 2–7.
191. У истоков классической науки: Сб. статей / Отв. ред. А.Н. Боголюбов. – М.: Наука, 1968. – 351 с.
192. Ф. Розенберг. История физики / Пер. с нем. под ред. И. Сеченова. Ч. 2. – М.–Л.: Гос. тех-теорет. изд-во. – 1933. – 342 с.
193. Феофилов П.П. Сергей Иванович Вавилов // 50 лет Государственного оптического института им. С.И. Вавилова. – Л.: Машиностроение, 1968. – 708 с.
194. Ферми Л. Атомы у нас дома. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. – 328 с.
195. Ферми Э. Научные труды. – М.: Наука, 1971–1972.
196. Ферми Энрико // Лауреаты Нобелевской премии: Энциклопедия / Пер. с англ. Кн. 2: М–Я. – М., 1992. – С. 552–556.
197. Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе (1918–1978) / Под ред. В.М. Тучкевича. – Л.: Наука, 1978. – 96 с.
198. Финкельштейн А.М., Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Зеленин К.Н. Нобелевские лауреаты по физике: 1901–2004. В 2 т. Т. 1. 1901–1964. – СПб.: Гуманистика, 2005. – 616 с.

199. Финкельштейн Б.Н. Единство научного творчества и педагогического мастерства // Вестн. высш. шк. – 1960. – № 10. – С. 47–52.

200. Френкель В.Я. Первые научные физические школы Петербурга – Петрограда – Ленинграда и их роль в развитии отечественной физики // Интеллектуальная элита Санкт-Петербурга. Ч. 1. / Под ред. С.А. Кугеля. – СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1993. – 169 с.

201. Френкель В.Я. Абрам Федорович Иоффе (биографический очерк). К 100-летию со дня рождения // УФН. Т. 132, вып. 1. – 1980. – С. 11–45.

202. Френкель Я.И. Абрам Федорович Иоффе. – Л.: Наука, 1968. – 26 с.

203. Френкель Я.И. Физико-техническому институту им. А.Ф. Иоффе – пятьдесят лет // УФН. 96. – 1968. – С. 529.

204. Фролов Э.Д. Античный Мусейон в его развитии от частного-правового института к государственному учреждению // Э.Д. Фролов. Парадоксы истории – парадоксы античности. – СПб., 2004. – 420 с. – С. 314–334.

205. Фролов Э.Д. Греция в эпоху поздней классики (Общество. Личность. Власть). – СПб.: Гуманитарная академия, 2001. – 602 с.

206. Хайруллин И. Учитель и наставник // Татарстан. – 2001. – С. 102–103.

207. Халатников И.М. Дау, Кентавр и другие. Top non-secret. – М.: Физматлит, 2008. – 192 с.

208. Храмов Ю. А. Физики: Биографический справочник. – М.: Наука, 1983. – 399 с.

209. Храмов Ю.А. Научные школы в физике / Под ред. В.Г. Барьяхтара. – Киев: Наукова думка, 1987. – 400 с.

210. Храмов Ю.А. Петр Николаевич Лебедев и его школа (К 120-летию со дня рождения) // УФН. Т. 150, вып. 4. – 1986. – С. 585–597.

211. Храмов Ю.А. Эволюция школы Ландау // Проблемы теоретической физики. – Киев: Наук. думка, 1986. – С. 5–22.

212. Хунд Ф. История квантовой теории. – Киев: Наукова думка, 1980. – 244 с.

213. Чародей эксперимента: Сборник воспоминаний об академике Е.К. Завойском. – М., 1993. – 256 с.

214. Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. – М.: Наука, 1977. – 510 с.

215. Энциклопедия «Кругосвет» // URL: (<http://www.krugosvet.ru/articles/04/1000422/print.htm>)

216. Энциклопедия: «Всемирная история». Т. 1. / Гл. ред. М. Аксенова. – М.: Авант+, 1997. – 704 с.
217. Эренфест П. Относительность. Кванты. Статистика. – М.: Наука, 1972. – 359 с.
218. 50 лет Государственного оптического института им. С.И. Вавилова (1918–1968) / Сб. статей под ред. Ю.Н. Гороховского. – Л.: Машиностроение, 1968. – 708 с.
219. Gorter C., Taconis K. The Kamerlingh Onnes Laboratory // Cryogenica. – 1964. – 4. – P. 345–353.
220. Keesom M.H. Prof. Dr. Kamerlingh Onnes // Physica. – 1926. – 6e. – № 3. – P. 81–98.
221. Lodge O. Sir J.J. Thomson // Nature. – 1926. – 118, Suppl. – P. 49–51.
222. Thomson G. Centenary of J.J.Thomson // Science. – 1956. – 124. – P. 1191–1195. – P. 1194.
223. Treder H. Grope Physiker und ihre Probleme. – Berlin: Akad. – Verl., 1983.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение	3
Глава 1. Эволюция организационных форм физических исследований от античности до конца XIX в.	5
1.1. Научные центры древности как форма объединения ученых ...	5
1.2. Роль университетов в развитии средневековой физики	13
1.3. Роль академий в распространении физических знаний в XVI–XVIII вв.	20
1.3.1. Зарубежные академии и физическая наука XVI–XVIII вв.	20
1.3.2. Российская академия наук в становлении отечественной физики	31
1.4. Усиление роли университетов и возникновение новых организационных форм в физике XVIII–XIX вв.	35
1.4.1. Вклад западных университетов в развитие физики XVIII–XIX вв. Появление научных обществ	36
1.4.2. Российские университеты в становлении и развитии отечественной физики в XVIII–XIX вв.	40
1.5. Возникновение физических лабораторий и институтов как новый этап в развитии организационных форм физической науки второй половины XIX – начала XX вв.	58
1.5.1. Возникновение физических лабораторий и институтов на Западе	61
1.5.2. Возникновение лабораторий и институтов в России	69
Глава 2. Возникновение и развитие физических научных школ в конце XIX – первой половине XX вв.	73
2.1. Первые физические научные школы	77
2.1.1. Первые зарубежные физические школы: А. Кундта, Дж. Дж. Томсона	78
2.1.2. Первая российская физическая школа П.Н. Лебедева ..	82
2.2. Зарубежные физические школы первой половины XX в.	85
2.2.1. Школа ядерной физики Э. Резерфорда	87
2.2.2. Лейденская школа Камерлинг-Оннеса	91
2.2.3. Мюнхенская теоретическая школа А. Зоммерфельда ...	95
2.2.4. Геттингенская теоретическая школа М. Борна	99
2.2.5. Копенгагенская теоретическая школа Н. Бора	104
2.2.6. Школа нейтронной физики и физики высоких энергий Э. Ферми	108

2.3. Ведущие советские физические школы первой половины XX в.	114
2.3.1. Физическая школа А.Ф. Иоффе	115
2.3.2. Оптическая школа Д.С. Рождественского	124
2.3.3. Школа Л.И. Мандельштама	129
2.3.4. Оптическая школа С.И. Вавилова	135
2.3.5. Теоретическая школа Л.Д. Ландау	143
2.3.6. Теоретическая школа И.Е. Тамма	150
2.3.7. Школа ядерной физики И.В. Курчатова	156
2.3.8. Казанская научная школа магнитной радиоспектроскопии	162
Заключение	176
Библиографический список	178

САБИРОВА Файруза Мусовна

**РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ
ФОРМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ
(ОТ АНТИЧНОСТИ ДО СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА)**

Корректор *Г.А. Тарасова*

Техническое редактирование и компьютерная верстка
И.Л. Давыдовой

Лицензия № 0209 от 06.10.97.

Сдано в набор 17.05.2010. Подписано к печати 18.05.2010.

Формат 60x84 ^{1/16}. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 12. Тираж 300 экз. Заказ К-135.

Министерство образования и науки РТ.

Редакционно-издательский центр.

420111, Казань, Дзержинского, 3. Тел. 292-24-76.

Отпечатано на множительном участке центра.