

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ П. Н. ЛЕБЕДЕВА
АКАДЕМИИ НАУК СССР****Д. В. Скобельцын и И. М. Франк****ВВЕДЕНИЕ**

Физический институт им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР ведет свое начало от старейшего центра исследований в области экспериментальной физики в нашей стране.

В 1725 г. одновременно с Академией наук был основан и ее физический кабинет, существовавший почти два столетия и в 1912 г. реорганизованный в физическую лабораторию. Уже после Великой Октябрьской революции, в 1921 г., лаборатория была преобразована в физический отдел физико-математического института Академии. С конца 1932 г. этот отдел возглавил С. И. Вавилов. Летом 1934 г. Институт вместе с Академией наук Союза ССР по решению правительства был переведен из Ленинграда в Москву. При этом физический отдел выделился в самостоятельный институт и получил свое современное название.

Таким образом, в 1934 г. физическая лаборатория (отдел) Академии была преобразована в Физический институт имени П. Н. Лебедева (ФИАН) с той его организационной структурой, которая в известной мере сохранилась и до настоящего времени.

Первым директором Института, возглавлявшим его с 1934 по 1951 г., был С. И. Вавилов.

После смерти С. И. Вавилова директором Института был избран Д. В. Скобельцын.

Предыстория дореволюционного времени (так же как и послереволюционный период истории ФИАН *) до 1945 г.) изложена в книге С. И. Вавилова «Физический кабинет — физическая лаборатория — Физический институт Академии наук СССР за 220 лет»¹.

Уже на протяжении непродолжительного ленинградского периода истории ФИАН силами созданной С. И. Вавиловым группы молодых физиков были выполнены некоторые работы, значение которых в полной мере раскрылось лишь позднее и которые оказали влияние на все последующее развитие Института.

Следует в особенности отметить выполненную под непосредственным руководством С. И. Вавилова работу по исследованию свечения растворов ураниловых солей. Эта работа привела, как известно, к открытию

*) Начало истории, как уже указано, восходит к первым декадам XVIII века и к научной деятельности многих крупнейших ученых, протекавшей в «Физическом кабинете» Академии (М. В. Ломоносов, Л. Эйлер, Д. Бернулли, В. В. Петров, Э. Х. Ленц, Б. С. Якоби, Г. И. Вильд и др.), а затем в ее «Физической лаборатории» (Б. В. Голицын, П. П. Лазарев).

эффекта Вавилова — Черенкова. Следует упомянуть также работу по исследованию электрического пробоя в газах² и о начале работ по ядерной физике.

Среди молодых сотрудников С. И. Вавилова того времени, ставших впоследствии руководящими работниками ФИАН, можно назвать Б. М. Вула, Л. В. Грошева, Н. А. Добротина, И. М. Франка, П. А. Черенкова.

Под руководством С. И. Вавилова создается и растет Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР, который сразу же становится ведущим научным центром в Москве и в стране. В его состав привлекаются выдающиеся физики, создавшие уже к тому времени свои крупные школы.

В ФИАН с этого времени сосредотачивают в основном свою научную деятельность Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси и ближайшие сотрудники Л. И. Мандельштама — Г. С. Ландсберг и И. Е. Тамм. С ними приходят также и ученики младших поколений. Среди последних — М. А. Леонтович, а также М. А. Дивильковский, С. М. Рытов, М. И. Филиппов и позднее С. Э. Хайкин *).

Создается лаборатория колебаний (в настоящее время имени Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси), которая в то время сосредотачивает свои исследования в двух основных направлениях — проблемы распространения электромагнитных волн и проблемы нелинейных колебаний.

Под руководством Г. С. Ландсберга начинает свою исследовательскую деятельность лаборатория физической оптики, тематика которой в области проблем рассеяния света и его применений к молекулярному анализу и исследованию строения жидкостей дает разнообразные плоды и успешно развивается, сохраняя основную свою направленность и до настоящего времени.

Вместе с образованной позднее лабораторией спектрального анализа, руководимой С. Л. Мандельштамом, возникает ведущий исследовательский центр общесоюзного значения в области оптики и спектрального анализа.

В руководимую С. И. Вавиловым лабораторию люминесценции вливаются новые силы: в ней продолжают (или начинают) свою плодотворную исследовательскую деятельность В. Л. Левшин, М. А. Константинова, Л. А. Тумерман, В. В. Антонов-Романовский.

Основное направление их работ того времени — исследование природы кристаллических люминофоров и их применения, молекулярная люминесценция и люминесцентный анализ.

Лаборатория люминесценции, тематика которой впоследствии существенно расширилась, становится также руководящим и объединяющим общесоюзным центром исследовательской работы в данной области физики.

Под руководством И. Е. Тамма создается и успешно развивается Теоретический отдел, разрабатывающий широкий круг вопросов теоретической физики и в особенности теории атомного ядра и космических лучей. Этот отдел вскоре же приобретает ведущее значение не только в Институте, но и вне его пределов.

В работе отдела в разное время принимали участие выдающиеся физики. Среди них: В. А. Фок, Д. И. Блохинцев, С. З. Беленький, К. В. Никольский, Ю. Б. Румер. Свою научную работу аспирантом начал в теоретическом отделе и А. Д. Сахаров.

*) В течение нескольких лет в ФИАН работали также А. А. Андронов и Г. С. Горелик.

Из числа сотрудников Теоретического отдела, начавших свою деятельность в нем если не с момента его образования, то еще в первые годы его существования, а сейчас являющихся его руководящими работниками, можно назвать В. Л. Гинзбурга, М. А. Маркова и Е. Л. Фейнберга.

В ФИАН была организована лаборатория акустики вначале под руководством С. Н. Ржевкина, а затем, с 1940 г., Н. Н. Андреева. В составе ее работали затем Л. М. Бреховских, Л. Д. Розенберг и Ю. М. Сухаревский.

Лаборатория эта в 1954 г. выделилась в самостоятельный Акустический институт АН СССР.

Наряду с перечисленными лабораториями, во главе которых с самого начала стали крупнейшие ученые, проложившие уже свои пути к науке, успешно развивались и укреплялись и созданные С. И. Вавиловым молодежные ячейки. Начинала свою работу небольшая ядерная лаборатория. В группу физиков, работавших в ней, вскоре вошли В. И. Векслер и С. Н. Вернов.

О послевоенном развитии этой группы, имеющей выдающиеся достижения и выросшей до размеров четырех лабораторий, составляющих около половины ФИАН современного его состава, мы скажем ниже.

Успешно продолжала свою работу и руководимая Б. М. Вулом лаборатория физики диэлектриков. Эта «ячейка», зародившаяся еще во времена ленинградского периода ФИАН, выросла затем в сильный коллектив, также играющий ведущую роль в данной области и имеющий в своем активе открытия большого значения.

Тяжелые годы Великой Отечественной войны Институт пережил в Казани, внося в напряженной работе свою лепту в дело помощи армии и оборонной промышленности нашей страны.

Многие сотрудники и в первую очередь младшее поколение научных сотрудников и аспирантов, а также многочисленные прикомандированные к Институту студенты Московского университета ушли добровольцами в Советскую Армию и народное ополчение. Смертью храбрых пали на фронтах Отечественной войны талантливые научные сотрудники лаборатории колебаний Института, добровольно ушедшие на фронт: М. А. Дивильковский и М. И. Филиппов и аспирант М. Л. Котляревский. Коллектив Института всегда будет чтить светлую память товарищей, погибших в борьбе с фашизмом.

Свою небольшую, упомянутую выше книгу, написанную в исторические дни окончательной победы над фашизмом, С. И. Вавилов заканчивает словами *):

«Эти дни во многом определяют грядущее развитие всего человечества. Вместе со всем советским народом мы надеемся стать участниками нового, еще невиданного подъема социалистического строительства и культурного расцвета нашей Родины. Так же как в годы войны, в годы мира физики готовы приложить свои знания, умение и свой патриотизм на благо родного народа и всего человечества».

Коллектив Физического института счастлив, что он действительно стал активным участником этого невиданного роста и подъема нашей науки и культуры, в котором немаловажную роль сыграло развитие физики. Сейчас, в дни сорокалетия Великой Октябрьской революции, так же как и в прежние годы, коллектив работников Института прилагает все усилия для того, чтобы с честью решать многочисленные и ответственные задачи, которые ставит перед нами наша Социалистическая Родина.

*) См. 1, стр. 70.

С момента, когда С. И. Вавилов закончил свой обзор, прошло 12 лет, и накануне 40-летия Октября мы вновь подводим итоги нашей работы.

Изменения, происшедшие в Институте, очень велики. В послевоенные годы нашей наукой и техникой была решена грандиозная проблема получения атомной энергии. В той или иной степени все разделы точных наук и техники приняли участие в решении связанных с этой проблемой многообразных задач. Однако в первую очередь она потребовала совершенно иного размаха и уровня работ в области ядерной физики и смежных с нею дисциплин. Не остался в стороне от этого и физический институт Академии наук.

Институт принял активное участие в решении многих научных задач, необходимых для развития и ряда других отраслей техники. В свою очередь быстрый прогресс техники в нашей стране не мог не оказать решающего влияния на развитие Института. Изменился и характер научной работы в том отношении, что научный работник перестал быть ученым, работающим в большинстве случаев в одиночку, иногда с помощью лаборанта или квалифицированного механика*). Как правило, научные задачи решаются теперь коллективом, состоящим из научных работников, инженеров и техников. Для успеха работы необходимы, кроме того, обширные производственные мастерские, способные быстро изготавливать сложную экспериментальную аппаратуру.

Все это потребовало значительного роста Института. Число сотрудников Института выросло с 1945 г. более чем в 7 раз. Большое новое здание, которое Институт получил в 1951 г., стало теперь уже тесным.

Существенно изменился и состав сотрудников.

За истекшие годы наш коллектив понес немало тяжелых потерь. В 1944 г. скончался Л. И. Мандельштам — основатель лаборатории колебаний, глава большой школы московских физиков; в 1947 г. не стало Н. Д. Папалекси, возглавлявшего лабораторию колебаний. В 1951 г. скончался С. И. Вавилов — основатель и первый директор нашего Института. В 1957 г. мы лишились Г. С. Ландсберга — руководителя оптической лаборатории Института (ныне лаборатории его имени).

Вместе с тем постоянно шло пополнение Института молодежью. Ряд молодых ученых возвратился после демобилизации из Армии. Много молодежи, воевавшей в рядах Советской Армии, впервые приступило к научной работе в послевоенные годы. Именно это поколение ученых, наряду с многочисленным старшим поколением, стало теперь основной движущей силой в науке.

Из общего числа 20 докторов и 100 кандидатов наук, работающих сейчас в Институте, большинство является воспитанниками Института, начинавшими в нем свою научную работу.

Говоря о деятельности Института, нельзя не сказать несколько слов и о его библиотеке. Это, несомненно, наша старейшая физическая библиотека.

Книжный и журнальный фонд библиотеки все годы ее существования непрерывно пополнялся. В результате сейчас она располагает уникальными комплектами научных журналов по физике за много лет. Среди книг имеются редкие книги XVI, XVII и XVIII веков. Сейчас в библиотеке под опытным руководством Т. О. Вреден-Кобецкой собрано около 200 000 томов книг и журналов. Библиотека выписывает ежегодно около 500 названий иностранных и советских журналов. Она выдает ежегодно свыше 90 тысяч книг и журналов своим многочисленным читателям, число которых перевалило за 2000. Ведется большая библиографическая работа.

*) Такие помощники оказывали неоценимую помощь ученым. Один из них — А. М. Роговцев, начинавший свою деятельность еще при П. Н. Лебедеве, и сейчас работает в Институте.

ОБЩИЙ ОБЗОР ТЕМАТИКИ И НЕКОТОРЫХ ИТОГОВ РАБОТЫ ИНСТИТУТА

Прежде чем перейти к краткому обзору работ отдельных лабораторий ФИАН, может быть, уместно характеризовать некоторые черты развития за последние десять-двадцать лет его тематики в целом в свете той эволюции, которой отмечена эта эпоха в истории мировой физики. При этом естественно выделить некоторые важнейшие достижения — «особые точки» в общем итоге работ Института.

ФИАН как самостоятельный «головной» институт был организован в начале тридцатых годов нашего века. Его возникновение совпало, таким образом, во времени с началом новой эры в разработке проблем передового фронта новейшей физики. К этому времени относятся открытия новых простейших частиц — нейтрона, позитрона, затем мезона. Эти открытия привели физику к ключевым позициям на путях в совершенно новую область явлений физики элементарных частиц, все своеобразие которых раскрылось лишь в самое последнее время.

Тогда уже стало ясно, что для успешного продвижения на этих новых путях в неизведанные еще области микромира необходимо было привлечение соответствующих мощных и совершенно необычных для физики предшествующего времени средств, которые могли бы вооружить исследователей техникой получения частиц высоких энергий. В то время в физике стали уже внедряться ускорители заряженных частиц и, в частности, циклотроны, однако область их применения была ограничена определенными, совершенно недостаточными еще пределами энергии, которые делали невозможным с их помощью хотя бы только приблизиться к энергии частиц космического излучения.

В 1944 г. В. И. Векслером, руководившим в то время рядом работ по изучению космических лучей, были высказаны идеи, которые легли в основу новейших циклических ускорителей. Открытие В. И. Векслером (а несколько позже Мак-Миланом в США) принципа автофазировки дало возможность преодолеть барьер, установленный природой для ускорения «тяжелых» частиц — протонов и дейтронов обычным методом — электрическим полем постоянной частоты, за счет своеобразного эффекта «резонанса» в постоянном магнитном поле циклотрона. Существенно ограниченной со стороны больших энергий была также и область применения осуществленных в то время электронных ускорителей — бетатронов.

В результате работ В. И. Векслера открылась возможность стремительного продвижения вверх по шкале энергий. Для этого потребовалось привлечение чрезвычайно сложных и громоздких средств техники и кооперация в их создании выдающихся инженеров различного профиля.

Благодаря поддержке Советского правительства в ФИАН под общим руководством В. И. Векслера и на основе открытых им принципов³ и было осуществлено строительство ряда электронных ускорителей — синхротронов, приведшее в недавнее время к сооружению (уже вне ФИАН в г. Дубна) уникального кольцевого ускорителя протонов (синхрофазотрона), переданного Международному Объединенному институту ядерных исследований. Как известно, в апреле 1957 г. этот ускоритель дал частицы с рекордной энергией около 10 миллиардов электрон-вольт, т. е. с энергией порядка средней энергии первичных космических лучей — в тысячи раз большей той, которая была доступна для обычного циклотрона. Сооружению синхрофазотрона в г. Дубна предшествовало создание модели (на 180 Мэв протонов), которая была построена, пущена в ход и изучена в ФИАН⁴. Ввод на вооружение физики уникальных ускорителей частиц оказал, как известно, революционизирующее влияние на состояние науки в области физики элементарных частиц.

Осуществление строительства такого рода ускорителей имело сильнейшее влияние и на развитие ФИАН. Возникли лаборатории с громоздкими установками промышленного типа. Создалась сильная школа по разработке проблем ускорительной техники. Начиная с 1949 г., с использованием новой сложнейшей технической базы под руководством В. И. Векслера ведутся работы по изучению фотоядерных взаимодействий в различных диапазонах энергии.

Успехи в разработке проблем физики элементарных частиц были подготовлены изучением явлений космических лучей (к. л.).

Большой цикл работ ФИАН, охватывающий период с начала деятельности Института, привел к пересмотру и решению вопроса о природе преобладающей компоненты первичного космического излучения и явлений, вызываемых им в атмосфере.

В послевоенное время лабораторией, руководимой Н. А. Добротным, широким фронтом ведутся работы по наблюдению космического излучения в стратосфере, на высотах гор и на уровне моря.

Все эти успешно развиваемые работы в последнее время направлены к общей цели — выяснению механизма элементарных ядерных взаимодействий в области сверхвысоких энергий. Речь идет об области энергии, которая на несколько порядков выше средней энергии первичных космических лучей или даже той энергии, которая в сколько-нибудь обозримом будущем может быть достигнута с использованием ускорителей.

Исследования, выполненные группой С. Н. Вернова (в частности, в экваториальной экспедиции 1949 г. — Н. Л. Григоров и др.)⁵, изучавшей явления в стратосфере, к концу 40-х годов с несомненностью подтвердили гипотезу о протонной природе преобладающей компоненты первичных к. л. Эта гипотеза, высказанная Шайном в США, казалось, находилась в противоречии с тем, что было известно о «мягкой компоненте» к. л. и в особенности о природе широких атмосферных ливней (ливней Оже).

В то же время наблюдения, проведенные на Памире (в 1945—1946 гг.), привели к открытию нового, тщательно исследованного затем явления особых, смешанных ливней, названных авторами этих работ «электронно-ядерными ливнями»⁶. Тем самым был вскрыт механизм, представляющий собой начальное звено в цепи явлений к. л., развивающихся в атмосфере, что позволило устранить указанное выше противоречие, связав картину этих явлений с протонной, или ядерной природой первичного излучения, генерирующего в верхних слоях стратосферы «электронно-ядерные» ливни.

То, что раньше представлялось основной сущностью явления широких атмосферных ливней — электромагнитные каскадные процессы, в действительности, как оказалось, характеризует лишь его внешность. Как было установлено, в основе явлений к. л. и, в частности, атмосферных ливней лежат ядерные взаимодействия в области высокой энергии таких частиц, как протоны, мезоны и т. п., и своеобразный ядерно-каскадный процесс (Г. Т. Зацепин)⁷. Построенная в итоге многолетних работ большого коллектива⁸ картина позволяет в настоящее время делать определенные выводы о механизме элементарных ядерных взаимодействий в области энергии, превышающей 10^{11} — 10^{13} эв. Так, например, указаны нижний предел эффективного сечения взаимодействия, характеристика углового распределения частиц при множественном их рождении в элементарных актах ядерных столкновений, «степень неупругости» соударений⁹.

Таким образом, созданы прочно обоснованные экспериментальные позиции для критического рассмотрения моделей механизма множествен-

ного рождения частиц (в частности таких, как предложенные Ферми и Ландау). Результаты экспериментальных исследований подсказывают и некоторые новые гипотезы и идеи трактовки подобных моделей.

В последнее время с успехом проводятся также и исследования фотоэмульсионным методом, направленные на решение той же проблемы.

Проблемам физики элементарных частиц и ядерных взаимодействий были посвящены в основном и труды теоретического отдела Института (в особенности в послевоенное время).

Широко известны работы И. Е. Тамма по теории обменных ядерных сил.

Задача построения квантовой теории, применимой в области вопросов физики мезонных взаимодействий, привела И. Е. Тамма к формулировке принципиальных основ приближенного метода, широко цитируемого сейчас в мировой литературе как метод Тамма — Данкова¹⁰.

Серия работ И. Е. Тамма и С. З. Беленького, а также С. З. Беленького и его учеников по теории каскадных процессов в космических лучах¹¹ (а в последнее время и по теории множественного рождения частиц в ядерных столкновениях высокой энергии) представляет существенный вклад в мировую науку.

Можно отметить одну особенность, характерную для физики нашего времени вообще, которая не могла не проявиться в послевоенные годы и в общей направленности тематики такого многогранного института, как ФИАН. Особенность эта — комплексность многих особо актуальных проблем, которые затрагивают так или иначе различные, иногда и довольно далекие области науки и решение которых требует согласованных усилий специалистов разного профиля.

Примером такой взаимосвязи разных аспектов явлений — в данном случае мы имеем в виду оптику, с одной стороны, и ядерную физику, с другой — может служить открытие замечательного эффекта, которое является одним из наиболее выдающихся достижений Института. Мы имеем в виду эффект Вавилова — Черенкова, о котором уже упоминали¹².

История открытия самого явления, а затем (двумя десятилетиями позже) и его применений весьма примечательна.

Как известно, речь идет о свечении заряженной частицы во взаимодействии со средой, в которой она движется равномерно со скоростью, превышающей фазовую скорость света в этой среде.

Мы уже упоминали о работе ленинградского периода истории ФИАН, которая привела к указанному открытию, значение которого было понято не сразу, и которое было сделано в результате изучения явлений, представляющих, казалось, интерес лишь для специалистов, занятых изучением узкого круга вопросов люминесценции.

Природа явления была раскрыта лишь несколькими годами позже И. Е. Таммом и И. М. Франком¹³. Это оказалось возможным в результате сочетания идей и методов трактовки явлений, которые характерны, с одной стороны, для оптики, а с другой — для ядерной физики.

Работой Тамма — Франка и многими последующими работами было раскрыто во всей полноте фундаментальное и очень широкое значение явления как в его оптическом аспекте, так и с точки зрения проблем физики «радиоактивных» — ядерных излучений. Тут же выяснилось, что явление это постоянно наблюдалось еще и раньше, но не было выявлено как особенное, и что теоретическая схема его трактовки могла бы быть найдена в некоторых работах давнего времени (Лорд Кельвин, Зоммерфельд). Однако примерно лишь через 20 лет после открытия эффекта выяснилась во всей полноте практическая его ценность для экспериментальной ядерной физики.

В недавние, ближайшие к нашему времени годы новейшие технические средства усиления фототоков дали возможность использовать эффект Вавилова — Черенкова для решения одной из основных задач изучения элементарных частиц, исследуемых с применением современных ускорителей. В настоящее время широкое распространение получили так называемые черенковские счетчики, позволяющие определять по излучению в соответствующей среде скорость частицы, разогнанной в ускорителе до умеренных релятивистских скоростей. Этим методом можно определить скорость частицы независимо от ее массы, что позволяет в соответствующих случаях получить дополнительный независимый параметр, необходимый для идентификации частицы. Использование этой особенности сыграло существенную роль, например, в экспериментах, приведших к открытию антипротона.

Ультрарелятивистские частицы, скопления которых образуют так называемые «широкие» атмосферные ливни космических лучей, могут быть обнаружены по вспышкам света, вызванным излучением Вавилова — Черенкова даже в газе — в атмосферном воздухе, что открывает новые возможности их изучения.

Работы в этом направлении пока еще уникальны. В ФИАН такого рода наблюдения выполнены А. Е. Чудаковым. Им же предложены идеи метода, который, вероятно, позволит использовать излучение Вавилова — Черенкова для осуществления своеобразного «интегратора» энергии для определения суммарной энергии, несомой ливневыми потоками многих частиц, что может оказаться весьма существенным для решения экспериментальных задач физики частиц «сверхвысоких» энергий.

В деятельности ФИАН можно привести много и других примеров подобных проблем комплексного характера. К этому мы еще вернемся в дальнейшем.

В обзоре развития отдельных лабораторий ФИАН нельзя не подметить (на примере, во всяком случае, некоторых из них) и другую особенность, которая характерна для физики нашего времени. Эта особенность — тесная взаимосвязь с техникой, или, лучше сказать, взаимозависимость науки и техники. Уместно подчеркнуть двусторонний характер этой взаимосвязи или взаимозависимости.

История деятельности лаборатории колебаний ФИАН, имеющей большие достижения, может, вероятно, служить ярким примером такого сочетания элементов техники и физики, связанного с взаимным их внедрением и оплодотворением.

На базе богатейшего классического наследия, оставленного основателями лаборатории — Л. И. Мандельштамом и И. Д. Папалекси, и созданных ими научных традиций, лаборатория сумела в течение последних лет перестроить свою тематику, развив новые направления в своей работе и внести существенно новый вклад в историю нашей науки.

Одно из этих направлений — радиоастрономия — исторически возникло в результате последовательного развития проблематики, занимавшей существенное место в кругу вопросов, разрабатывавшихся лабораторией еще в довоенный период ее существования, а именно вопросов распространения радиоволн.

В послевоенное время новейшие средства техники сделали возможным подход к этим проблемам с использованием новых, своеобразных космических источников радиоизлучения, а именно прежде всего радиоизлучения Солнца. Работы в этом направлении, начатые по инициативе и под руководством И. Д. Папалекси, с 1948 г. продолжались под руководством С. Э. Хайкина¹⁴, а затем с 1953 г. В. В. Виткевича, причем они в своем дальнейшем развитии в преобладающей части полу-

чили чисто радиоастрономическую направленность. Так возникла в ФИАН и впервые в СССР новая группа радиоастрономии, посвятившая свои исследования изучению космических объектов с точки зрения происходящих в них радиофизических процессов.

Несколько подробнее об этих работах будет сказано ниже.

На базе старой лаборатории колебаний ФИАН А. М. Прохоровым создан молодежный коллектив, разрабатывающий другую большую комплексную проблему — радиоспектроскопию, в которой весьма своеобразным образом сочетаются физика квант и радиотехника.

Большим достижением является работа, основанная на идее, высказанной еще в 1954—1955 гг. Мы имеем в виду так называемый молекулярный генератор, схема и теория которого были даны Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым¹⁵ еще до опубликования аналогичной работы Таунсом в США. Генератор этот представляет собой своеобразную, основанную на квантовых эффектах автоколебательную систему с обратной связью, состоящую из молекулярного пучка и резонатора, через полость которого этот пучок проходит.

Частота системы генерирующей радиоволны, как оказывается, с очень высокой степенью точности определяется периодом колебаний самовозбуждаемых молекул газа. В осуществленных уже нескольких таких системах используется линия так называемого «инверсионного» спектра молекул NH_3 *). Таким образом, речь идет о своеобразных «часах», роль «маятника» которых, грубо говоря, выполняет атом азота в молекуле аммиака, взаимодействующей с «квантами радиоизлучения».

В настоящее время показано, что этим методом можно осуществить «эталон» времени с абсолютной стабильностью (воспроизводимостью) порядка 10^{-9} .

В ФИАН, а затем по разработанным им схемам и в ряде других институтов СССР построено несколько таких приборов. Подобная аппаратура до последнего времени имела лишь в США. Открывающаяся в результате этого возможность осуществления атомных часов с точностью порядка 10^{-9} имеет значение для разнообразных приложений. Наряду с решением широких проблем теоретического характера (как, например, возможность проверки некоторых выводов общей теории относительности) появляются также большие перспективы и для применений в области техники. Таким образом, мы и здесь имеем яркий пример взаимосвязи науки и техники, о которой говорили выше.

Методы радиоспектроскопии вооружают исследователя-физика новыми мощными средствами исследования, имеющими многообразные применения в различных областях науки о веществе.

Для иллюстрации можно привести перечень тем, представленных в работах ФИАН, которые проводятся с применением этого метода: таковы — молекулярная спектроскопия (тонкая и сверхтонкая структура ротационных спектров молекул и, в частности, спектры внутреннего вращения молекул), магнитные и электрические (мультипольные) моменты атомных ядер, валентные состояния активаторов в люминофорах, изучение свободных радикалов и т. д.

Лаборатория колебаний ФИАН за короткое время существенным образом изменила и переориентировала свою тематику в соответствии с теми сдвигами и с теми темпами, которые характерны для эволюции физики последних десятилетий.

Еще более радикальные изменения тематики, так же как и метода, характерны для группы ядерных лабораторий, как нами было уже

*) Намечается использование также и ND_3 .

отмечено выше. Здесь — в области проблем элементарных частиц мы имеем дело с передовым фронтом науки, который за последнее время перемещался так, что по мере прогресса науки приходилось иметь дело с новыми объектами исследования — с областью качественно новых явлений.

Иной характер имело развитие группы лабораторий Института, занятой исследованиями в области твердого тела и оптики. В некоторых случаях также и здесь за последнее время имело место радикальное изменение проблематики, вызванное выдвижением на первый план того или иного круга вопросов, приобретающих остро актуальный интерес. Примером этого может служить переключение значительных сил группы физики диэлектриков на изучение полупроводников.

Однако принципиальные основы, на которых строилось развитие многих направлений в указанной области, были уже заложены открытиями, относящимися ко времени, предшествующему основанию Института.

Комбинационное рассеяние света, например, было открыто (независимо от Рамана) Л. И. Мандельштамом и Г. С. Ландсбергом еще в конце 20-х годов этого столетия¹⁶.

На основе этого открытия лабораторией ФИАН, которой в течение почти 25 лет до своей кончины руководил Г. С. Ландсберг, проделана громадная работа с использованием также возможностей и инфракрасной спектроскопии. Сейчас накоплен обширнейший материал экспериментального и теоретического исследования, в результате которого оказалось возможным «перебросить мост», связывающий детально изученную картину оптических спектров многих органических веществ со строением сложных молекул этих веществ. Эта многолетняя работа, имеющая также и большое прикладное значение, подводит к возможности определения строения молекул и характерных для него параметров путем расшифровки данных спектроскопии.

Развитие тематики указанных лабораторий шло в основном в направлении ее углубления и расширения.

В настоящее время техника ставит перед физикой (и притом в различных ее областях и в различных аспектах) задачу получения новых материалов с наперед заданными специфическими, особо ценными для той или иной отрасли техники свойствами.

В некоторых случаях оказывается возможным подходить к решению такого рода задач на основе теоретических соображений и моделей. Примером может служить выдающееся достижение руководимой Б. М. Вулом лаборатории — открытие особых свойств (диэлектрических и пьезоэлектрических) сегнето-электрика-титаната бария и ряд других последовавших за этим открытием работ¹⁷.

Лаборатория люминесценции создала целый ряд новых люминофоров, необходимых для решения крайне актуальных задач новейшей техники.

Далее мы даем несколько более подробный обзор тематики лабораторий Института, опуская то, что уже было сказано в предшествующем общем очерке его работы.

Работы в области теоретической физики. Выше уже сказано о некоторых крупнейших достижениях и общей направленности работы теоретического отдела, руководимого со времени его основания И. Е. Таммом.

В современной физике элементарных частиц при поисках новой теории очень важно иметь новые идеи, новые попытки решения трудностей.

Окончательное суждение об их плодотворности будет дано в будущем. Одна такая попытка — идея нелокальных взаимодействий, приобретшая впоследствии популярность и разрабатываемая во многих странах — была выдвинута и развивалась М. А. Марковым¹⁸, другая — теория частицы с переменным спином — получила развитие в работах В. Л. Гинзбурга и И. Е. Тамма и их сотрудников. На новом этапе теории большую роль сыграли исследования по проблемам так называемой перенормируемости и дисперсионных соотношений (Е. С. Фрадкин и В. Я. Файнберг). К этому же кругу примыкают работы по квазиполям, по теории затухания, по вариационным методам исследования.

Из работ последнего времени, выполненных в контакте с другими лабораториями, можно отметить: разработку теории множественной генерации частиц и вообще теории процессов при сверхвысоких энергиях (С. З. Беленький и Д. С. Чернавский); выдвижение новых идей и разработку теории происхождения космических лучей, позволившей установить связь этих идей с данными радиоастрономии (В. Л. Гинзбург)¹⁹.

Следует также упомянуть о работах по теории вариаций космических лучей, по нейтронной физике, по процессам при высоких энергиях (Е. Л. Фейнберг).

Трудно перечислить все сделанное теоретическим отделом в тесной связи с работами различных лабораторий Института.

Мы можем только весьма кратко заметить, что в этом же теоретическом отделе выполнены работы по физике твердого тела и низких температур (феноменологическая теория сверхпроводимости, термодинамическая теория сегнетоэлектриков, работы по электропроводности металлов и проч. — В. Л. Гинзбург²⁰), по теории взаимодействия в системе многих частиц и применению этой теории к металлам и плазме (В. П. Силин), по статистической теории многих частиц, по гидродинамике (в том числе теория конденсационного скачка — С. З. Беленький), по магнитной гидродинамике.

Все это показывает, что работа теоретического отдела в течение более чем двадцати лет его существования строилась на принципе сочетания «отвлеченных» вопросов теории (в основном — теории элементарных частиц) с широко поставленными исследованиями по самым разнообразным проблемам физики, возникающим из дружеского контакта с экспериментальными лабораториями Института.

Работы в области ядерной физики. Как уже упоминалось выше, развертывание работ по ядерной физике и космическим лучам началось еще с 1933 г. Вскоре руководство этими исследованиями возглавил Д. В. Скобельцын.

1. О развитии работ ФИАН по изучению космических лучей и об их основных итогах мы уже говорили. Они были начаты еще в 1934 г. Тогда же развернулась и экспедиционная работа (участие в Эльбрусских экспедициях).

Во время войны изучение космических лучей было приостановлено вплоть до 1944 г. В 1944 г. была проведена первая экспедиция на Памир (3860 м над уровнем моря), а в 1947 г. там же была основана постоянная высокогорная научная станция. Основным руководящим ядром лаборатории к. л. является коллектив, в который входят Н. А. Добротин (заведующий лабораторией), Н. Г. Биргер, С. Н. Вернов, Г. Б. Жданов, Г. Т. Зацепин, С. И. Никольский, И. Л. Розенталь, А. Н. Чарахчян, А. Е. Чудаков и другие.

В 1945 г. были начаты и до последнего времени успешно развивались работы по изучению «широких» атмосферных ливней во всем диапазоне энергии рождающих их первичных частиц (10^{13} — 10^{17} эв)²¹.

Вначале эти исследования были направлены к обнаружению предельно больших ливней (состоящих из десятков или порядка ста миллионов частиц) и изучению их периферической структуры. Они привели к установлению (к началу 50-х гг.) некоторого «рекорда» в наблюдении ливней предельно высокой энергии. Лишь в недавнее время (в Англии и США) удалось наблюдать еще более мощные ливни, причем работы, ориентированные в этом направлении, приобретают сейчас особо актуальный интерес с точки зрения космо-физического аспекта проблемы.

Исследования Памирской станции и на уровне моря за последние годы были посвящены главным образом изучению центральных областей — стволы ливня, где сосредоточены частицы особо высокой энергии. Широким фронтом, с использованием для наблюдений в стратосфере метода «теленаблюдения» с передачей сигналов по радио, а также полетов самолета с установленной в нем камерой Вильсона, а в последнее время и фотоэмульсий, ведутся на разных высотах и другие исследования электронно-ядерных ливней и связанных с ними явлений.

Следует упомянуть о методических разработках, которые дали возможность развить многие из упомянутых выше исследований. Речь идет о применении в разнообразных физических приборах газоразрядных ламп с холодным катодом (Л. Н. Кораблев). Первоначально эти лампы были использованы для создания компактных и экономичных годоскопов. Но в дальнейшем оказалось возможным использовать их и для построения различных приборов, служащих для измерения интенсивности радиоактивных излучений, пересчетных схем, амплитудных анализаторов, миллисекундомеров, различных счетных устройств и т. п. Многие из этих приборов уже освоены промышленностью. По существу Л. Н. Кораблеву удалось создать новое направление в использовании «холодных тиратронов».

Другое направление в изучении космических лучей развивается в лаборатории А. И. Алиханяна (М. И. Дайон, В. Г. Кириллов-Угрюмов и др.), которая волилась в Институт в 1951 г. Здесь изучается спектр масс частиц космических лучей. Лаборатория А. И. Алиханяна ведет эти работы с помощью разработанного ею так называемого магнитного масс-спектрометра, опираясь, в основном, на высокочастотную станцию на горе Арагац (Армения).

В последние годы лаборатория затратила значительные усилия на развитие нового метода исследования, в котором магнитный масс-спектрометр сочетается с камерой Вильсона, содержащей пластины поглотителя.

Проделав большую работу по усовершенствованию прибора, лаборатория стала получать данные о мезонах с массами около 950 и 550 электронных масс. Особый интерес представляют указания на существование частицы с массой 550 m_e , пока еще не замеченной в опытах других лабораторий.

С помощью магнитного масс-спектрометра лабораторией А. И. Алиханяна были изучены спектры импульсов μ - и π -мезонов, протонов и электронов космических лучей.

2. Развитие ядерной физики настойчиво требовало найти пути искусственного ускорения частиц до релятивистских энергий.

О работах В. И. Векслера, открывшего так называемый принцип автофазировки, что привело к решающему успеху в этом направлении, мы также уже говорили²².

Векслером было предложено несколько типов ускорителей, основанных на использовании этого принципа, получивших в дальнейшем названия: синхротрон, фазотрон (синхроциклотрон) и микротрон.

Первые годы деятельности лаборатории ускорителей и фотоядерных реакций, руководимой В. И. Векслером, были целиком посвящены зада-

че практического осуществления ускорителей типа синхротрон. Уже в 1947 г. в лаборатории были пущены в ход (первыми в СССР) 30-миллионный синхротрон и бетатрон на 3 Мэв. К этому же периоду времени относится и проектирование второго, более мощного синхротрона на 250 Мэв *). Этот синхротрон был введен в строй в 1949 году.

Разработка теории и вопросов конструирования новых ускорителей успешно развивалась. За короткое сравнительно время были предложены и теоретически рассмотрены различные варианты циклических ускорителей. В настоящее время исследуется возможность использования нового, так называемого когерентного метода ускорения²³.

С 1953 г. в лаборатории ведутся теоретические, а в последнее время и экспериментальные исследования по осуществлению нового ускорителя с постоянным магнитным полем, так называемого кольцевого фазотрона²⁴. Во всей этой большой работе принимали и сейчас принимают участие, кроме В. И. Векслера, А. А. Коломенский, В. А. Петухов, В. Е. Писарев, М. С. Рабинович, П. А. Черенков.

Сооружением электронных ускорителей на 30 Мэв и на 250 Мэв в лаборатории был заложен фундамент для развертывания широким фронтом исследований по ядерному взаимодействию фотонов высокой энергии. Изучение этого вида взаимодействия является одной из важнейших проблем современной физики, поскольку опыты с фотонами высокой энергии дают то преимущество, что свойства электромагнитного поля хорошо известны и поэтому теоретическая интерпретация результатов этих опытов во многих случаях проще и она более определена, чем в случае чисто ядерных взаимодействий.

Помимо экспериментальных исследований, весьма широко проводятся и теоретические работы, которыми руководит М. А. Марков.

Лабораторией проводились исследования по двум основным направлениям:

- а) исследование методом фотоядерных реакций явлений, представляющих интерес в связи с проблемой строения атомных ядер, и
- б) исследование свойств мезонного поля и нуклонов путем изучения фоторождения мезонов и процессов мезонообразования в фотоядерных взаимодействиях.

По первому из указанных двух основных направлений можно отметить работы по фоторасщеплению легких ядер дейтерия и гелия (методом камеры Вильсона — А. Н. Горбунов). В последнем случае получены данные о роли механизма двунуклонной «квазидейтонной» модели, о роли обменных сил и т. п.

Большой цикл работ²⁵, проведенный сектором, руководимым Л. Е. Лазаревой, с использованием синхротрона на 30 Мэв, посвящен изучению комплекса явлений в области так называемого «гигантского резонанса». Получены существенные результаты, в частности, по выявлению роли механизма «прямого» фотоэффекта, влиянию оболочечной структуры ядер и т. п. Исследован механизм фотоделения ядер урана и тория.

По второму из вышеуказанных направлений особый интерес представляют работы по мезонообразованию вблизи порога этого процесса, выполненные по инициативе М. А. Маркова и А. М. Балдина работы по изучению спин-изотопической симметрии мезонного поля и определению знака мезонного заряда нейтрона²⁶ (фоторождение π_0 -мезонов на ядрах дейтерия)²⁷, по фоторождению π^- -мезонов, по наблюдению комптон-эффекта на протонах (В. И. Гольданский) и многие другие работы.

*) В руководстве работами по сооружению этого синхротрона принимали участие А. П. Комар, П. А. Черенков и М. С. Рабинович.

3. Исследования ядерных реакций при низких и средних энергиях до 1945 г. в ФИАН проводились в небольшом объеме.

Из обширных исследований довоенного времени следует упомянуть о цикле работ методом камеры Вильсона по изучению образования пар под действием γ -лучей RaC (Л. В. Грошев и И. М. Франк).

Проблема атомной энергии поставила перед нейтронной физикой много новых задач значительной сложности. В связи с этим лабораторией атомного ядра, руководимой И. М. Франком, в послевоенные годы был выполнен ряд теоретических и экспериментальных работ по вопросам диффузии и поглощения нейтронов, а также их размножения в делящихся веществах. Пришлось предъявить совершенно иные требования к точности нейтронных измерений, заставившие существенно усовершенствовать их методику. Для изучения вопросов, необходимых для понимания физики нейтронных процессов в реакторах и для измерения параметров, их характеризующих, были построены специальные подкритические модели уран-графитовых реакторов. На этих моделях, используя так называемый метод призмы, был проведен обширный цикл работ, во многом внесший ясность в механизм нейтронных процессов, происходящих в реакторах, и была получена величина ряда существенных параметров²⁸.

В дальнейшем особое внимание было обращено на исследование простейших ядерных реакций.

Был предложен²⁹ и развит новый метод спектроскопии нейтронов по времени замедления в свинце.

В отличие от общепринятого метода спектрометрии нейтронов по времени пролета, новый метод обладает на 2—3 порядка большей «светосилой» и удобен для измерения парциальных сечений реакций, вызываемых нейтронами³⁰. Хотя разрешающая способность спектрометра невелика, но она слабо зависит от энергии нейтронов. Все это позволило успешно применить этот метод для исследования нейтронных реакций в трудно доступной для изучения области энергий нейтронов в десятки килоэлектронвольт (Ф. Л. Шапиро). С помощью импульсного источника нейтронов были также проведены исследования вопросов диффузии нейтронов так называемым методом нестационарной диффузии³¹.

Другим направлением работ было исследование ядерных реакций на легких ядрах. В частности, весьма детальному исследованию подверглась ядерная реакция дейтрона с тритием (Е. М. Балабанов, И. Я. Барит, Л. Н. Кацауров, И. М. Франк, И. В. Штраих).

Значительная работа была проведена по ядерной электронике и, в частности, по созданию многоканальных амплитудных и временных анализаторов (И. В. Штраих).

Начиная с 1946 г., проводился цикл работ методом фотоэмульсионной техники. Ядерная лаборатория принимала близкое участие в начальной стадии работ по созданию производства отечественных толстослойных пластинок.

Облучение фотоэмульсий на фазотроне Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) дало возможность лаборатории изучить деление ядер урана при больших энергиях возбуждения (деление быстрыми нейтронами и за счет поглощения медленных π -мезонов)³². На фазотроне ОИЯИ ведутся также работы по изучению рассеяния π -мезонов.

Самостоятельным направлением работ были исследования в области ядерного парамагнетизма (К. В. Владимирский). Развитие этих работ позволило, например, создать очень чувствительный метод анализа состава тяжелой воды³³.

В 1950 г. была организована лаборатория изотопов и излучений, которой в настоящее время заведует В. А. Короткова. Перед лабораторией

была поставлена задача внедрения методов ядерной физики в технику и в различные области научно-исследовательской работы.

Работы по дефектоскопии с использованием радиоактивных излучений, основы которых были заложены в военные годы, получили в этой лаборатории совсем иной размах. Их практическое значение определилось возможностью широкого применения в качестве источников излучения искусственных радиоактивных веществ.

Поглощение β и γ -лучей и отражение β -лучей были использованы при разработке методов точного измерения толщин, необходимых для решения многих технических задач (толщины холодного и горячего проката, толщины покрытий и др.). Ряд приборов, разработанных совместно с Центральной лабораторией автоматики, успешно используется в промышленности.

В настоящее время широко применяется измерение износа машин методом меченых атомов. Лаборатория активно участвовала в разработке этого метода.

Лаборатория занята также усовершенствованием методов наблюдения поглощения и рассеяния бета- и гамма-излучения и методов измерения малых токов, необходимых для решения практических задач.

При лаборатории организован практикум по физическим основам метода радиоактивных индикаторов, который готовит научных и инженерно-технических работников отраслевых институтов и заводов, не специалистов в области ядерной физики. За семь лет существования лаборатории в практикуме подготовлено 500 человек. Число консультаций, которые дают работники лаборатории, очень велико.

Несомненно, что лаборатория в результате своей работы значительно способствовала внедрению методов ядерной физики в технику.

Работы в области радиофизики. В довоенный период основное место в работах ФИАН в данной области *) занимало изучение распространения радиоволн над земной поверхностью ³⁴.

В то время многие основные черты процесса распространения радиоволн оставались неясными, шли споры, касавшиеся самых фундаментальных характеристик, — например, по вопросу о том, как скорость распространения зависит от электрических свойств поверхности Земли. Легко представить себе, как все это важно хотя бы для проблем радионавигации. Исходя из оптических методов, Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси создали замечательный метод радиоинтерференционного измерения расстояний, который, с одной стороны, позволил исследовать даже весьма тонкие особенности явления и, с другой — в виде радиодальномера и других приборов, был широко внедрен в практику и послужил началом новой области радиофизики — радиогеодезии. На основе теоретической, экспериментальной и конструкторской работы, которую в рамках лаборатории проводили Я. Л. Альперт, В. В. Мигулин, П. А. Рязин, Е. Я. Щеголев и др. ³⁵, а затем А. Б. Меликян, а также благодаря изучению распространения радиоволн в различных районах нашей страны, был получен ряд важных результатов, имеющих большое принципиальное теоретическое и практическое значение.

Дополненные теоретическими исследованиями Л. И. Мандельштама, М. А. Леонтовича, В. А. Фока, Е. Л. Фейнберга (ФИАН) и Г. А. Гринберга (ЛФТИ) эти работы позволили создать отчетливую картину всего процесса распространения радиоволн.

Другим направлением работ лаборатории были исследования в области теории колебаний. Среди них необходимо отметить разработку теории

*) С 1947 по 1954 г. лабораторией колебаний руководил М. А. Леонтович, а в настоящее время ею заведует А. М. Прохоров.

стабилизации частоты ламповых генераторов и теорию автоколебаний в нелинейных распределенных системах (С. М. Рытов, А. М. Прохоров).

Изучением свойств веществ на ультравысоких частотах с помощью оригинального, так называемого термометрического метода измерения потерь, еще в довоенный период успешно занимались талантливые молодые сотрудники Института М. А. Дивильковский и М. И. Филиппов. Наряду с рядом методических результатов они получили интересные сведения об электрических и магнитных параметрах ряда веществ. Работы этого направления (исследования свойств ферритов и др.) продолжают и сейчас (Д. И. Маш).

С 1945 г. в лаборатории образовалась группа по изучению строения ионосферы и распространения в ней радиоволн (ее возглавил Я. Л. Альперт). В настоящее время эти работы переданы в Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Министерства связи.

В последние годы возник ряд новых направлений. Работы теоретической радиофизики сосредоточиваются главным образом на вопросах статистической радиофизики. Была развита общая теория электрических флуктуаций³⁶, охватывающая в качестве предельных случаев теорию теплового излучения и теорию шумов в электрических цепях. В последнее время была построена теория тепловых флуктуаций в среде, обладающей дисперсией, а на этой основе дана теория рэлеевского рассеяния света в такой среде. Работы в этой области ведутся теоретическим сектором лаборатории колебаний (С. М. Рытов).

С 1952 г. начали развиваться работы по радиоспектроскопии, о которых мы уже говорили. В дополнение к тому, что было уже нами сказано выше, следует упомянуть о работах по электронному парамагнитному резонансу.

В связи с разработкой «молекулярного генератора» были предложены методы получения активных молекул, инициирующих колебания генератора. Один из предложенных методов применяется в настоящее время для создания малошумящих усилителей с использованием явления парамагнитного резонанса. Была также разработана теория молекулярного усилителя. В настоящее время заканчивается работа по созданию макета «атомных часов» (Н. Г. Басов, И. В. Штранных).

За послевоенный период в различных странах быстрыми темпами стала развиваться новая отрасль астрофизики — радиоастрономия, занимающаяся радиоизлучением космических объектов. Оказалось, что радиоастрономия открывает совершенно новые возможности для изучения процессов на Солнце, характеристик отдельных космических тел, туманностей, Галактики и Вселенной в целом.

По инициативе Н. Д. Папалекси лаборатория колебаний приняла участие в экспедиции в Бразилию (1947 г.) для наблюдения радиоизлучения Солнца во время затмения.

Затем были построены радиотелескопы на разные длины волн и проведены важные исследования распространения радиоволн в атмосфере с использованием внеземных источников. В радиоастрономической группе Института, возглавляемой В. В. Виткевичем, работают А. Е. Саломонович, Б. М. Чихачев и др. Изучение внеземных излучателей привело к ряду интересных выводов о радиоизлучении Луны (как на сантиметровых, так и на миллиметровых волнах) и о радиоизлучении Солнца. Изучение короны Солнца по прохождению сквозь нее радиоизлучения Крабовидной туманности показало, что у Солнца есть «сверхкорона», простирающаяся на расстояние многих радиусов Солнца³⁷.

В работе по радиоастрономии лаборатории пришлось уделить большое внимание конструированию различной аппаратуры на разные длины

волн. В настоящее время заканчивается создание уникального радиотелескопа, а также ведется работа по построению большого радиотелескопа в виде «креста» для изучения метagalактики.

Физический институт был первым в Советском Союзе научным институтом, который успешно развернул радиоастрономические исследования, как экспериментальные, так и теоретические (В. Л. Гинзбург), и тем самым существенно способствовал началу этих работ не только в Пулковской обсерватории, где эта работа ведется под руководством перешедшего туда в 1953 г. из ФИАН С. Э. Хайкина, но и в других институтах страны.

Работы в области люминесценции и оптики. Как известно, исследования С. И. Вавилова и его школы внесли большой вклад в учение о люминесценции и оказали сильное влияние на развитие этой области физики.

Тематика созданной С. И. Вавиловым и посвящей теперь его имя лаборатории охватывает широкий круг вопросов, связанных с люминесценцией жидких и твердых веществ.

В состав руководящего научного коллектива лаборатории входят В. Л. Левшин (заведующий лабораторией), М. Н. Аленцев, В. В. Антонов-Романовский, М. Д. Галапин, Н. Д. Жеваңдров, М. А. Константинова, З. Л. Моргенштерн, З. А. Трапезникова, Л. А. Тумерман, С. А. Фридман, А. А. Черепнев. На определенном этапе в теоретических работах принимали участие Э. И. Адирович и Д. И. Блохинцев.

Лаборатория ведет исследования почти по всем основным областям люминесценции. Но наибольшее внимание в настоящее время отводится изучению электролюминесценции, сцинтилляционному свечению и катодолюминесценции, получившим в последнее время особенно важное научное и техническое значение.

В лаборатории были изучены различные виды взаимодействий люминесцирующих молекул друг с другом или с молекулами среды, в которой они находятся. Создана теория резонансного перехода энергии возбуждения в люминесцирующих средах и процессов миграционного тушения и деполяризации при больших концентрациях люминесцентного вещества^{38, 39}. Одновременно были изучены и физико-химические взаимодействия, также ведущие к концентрационному тушению и к изменению спектров люминесцентных веществ.

Были выяснены условия возникновения зеркальной симметрии спектров поглощения и излучения. С помощью исследований поляризационных явлений изучались движения молекулярных осцилляторов и их расположение в кристаллах и молекулах. Были получены существенные данные о длительном свечении молекул, находящихся в бирадикальном состоянии⁴⁰.

Одной из важнейших характеристик процессов люминесценции является длительность возбужденного состояния. В связи с этим лаборатория уделяла много внимания исследованию длительностей возбужденных состояний молекул и влиянию на нее различных факторов. Были разработаны новые методы исследования весьма кратковременных процессов свечения $\sim 10^{-9}$ сек⁴¹.

Другим важным разделом работ лаборатории было изучение кинетики и энергетики свечения кристаллофосфоров.

Было твердо установлен рекомбинационный характер свечения, изучены уровни локализации электронов и дырок, высвечивающее действие инфракрасных лучей и самого возбуждающего света, нелинейные эффекты возбуждения; получен ряд сведений о центрах свечения фосфоров.

Совокупность этих работ внесла большой вклад в развитие теории свечения кристаллофосфоров^{40, 41}

В ряде работ был определен абсолютный выход свечения в различных кристаллах — сцинтилляторах, изучен процесс передачи энергии от основного вещества к центру свечения, получены представления о развитии отдельных сцинтилляций³⁹.

Работы лаборатории тесно связаны с промышленностью.

В 1937—1941 гг. под руководством С. И. Вавилова были разработаны и переданы в промышленность первые люминесцентные источники света, которые сыграли очень большую роль для подготовки все расширяющегося ныне выпуска люминесцентных ламп, дающих огромный народно-хозяйственный эффект. Лаборатория впервые развила методы количественного люминесцентного анализа⁴².

Большое внимание было обращено на разработку и изучение фосфоров, дающих кратковременную вспышку под влиянием внешнего воздействия. Эти работы также имели не только теоретическое, но и прикладное значение. В последнее время лабораторией разработан новый тип фосфоров постоянного действия с искусственными радиоизотопами, в несколько раз превышающий по яркости и сроку службы светящиеся составы, использовавшиеся ранее. Лабораторией создан также ряд других люминофоров, важных для различных отраслей техники и народного хозяйства^{40, 41}.

В развитии работ по физической оптике в Институте большая роль принадлежала Л. И. Мандельштаму, М. А. Леонтовичу и Г. С. Ландсбергу — бессменному заведующему оптической лабораторией с момента ее образования в 1934 г.

Под руководством Г. С. Ландсберга вырос большой коллектив его учеников. Многие из них в настоящее время являются руководящими сотрудниками оптической лаборатории (П. А. Бажулин, В. И. Малышев, Г. П. Мотулевич, М. М. Сущинский, И. Л. Фабелинский).

Исследования по комбинационному рассеянию света стали основой работ по молекулярной спектроскопии и изучению строения молекул оптическими методами (о чем мы уже говорили).

В связи с этим необходимо отметить следующие направления работ:

1. Разработку в сотрудничестве с Институтом органической химии методов молекулярного анализа нефтей и бензинов, нашедших широкое практическое применение.

2. Исследования межмолекулярных взаимодействий и в первую очередь водородной связи⁴³. Работу по теории характеристических спектров. При этом большой фактический материал по спектрам комбинационного рассеяния, полученный в лаборатории, позволил расширить понятие характеристичности и выделить характерные структурные элементы молекул, используя для этого всю совокупность параметров линий комбинационного рассеяния⁴⁴.

Работы по молекулярной оптике были представлены главным образом исследованиями молекулярного рассеяния света в конденсированной фазе. Рассеяние света, как это было показано Л. И. Мандельштамом (1918—1926 гг.), непосредственно связано с распространением ультразвуковых волн в веществе⁴⁵. Поэтому наряду с исследованием спектрального состава рассеянного света (И. Л. Фабелинский⁴⁶) в круг интересов Оптической лаборатории вошли также исследования гиперзвуковых и ультразвуковых волн (П. А. Бажулин)^{47, 48}. Естественно, что этот круг вопросов потребовал изучения рассеяния света как в твердых телах, так и в жидкостях различной вязкости. Была создана

теория рассеяния света в кристаллах, которая оказалась в хорошем согласии с опытом⁴⁹. С принципиальной стороны большое значение имели исследования рассеяния света неравномерно нагретыми средами. В совокупности эти работы привели к новому пониманию явления рассеяния волн высокой частоты в веществе.

В последние годы исследования по молекулярной оптике были распространены на явления оптики металлов. Измерения оптических постоянных позволили определить концентрацию электронов проводимости в серебре и верхнюю границу для этой величины в олове и свинце.

Исследования по атомной спектроскопии были начаты в Институте в 1935 г. Вначале направлением этих работ явились вопросы спектрального анализа. Эти исследования приобрели особо важное практическое значение в период Великой Отечественной войны и в последующие за ней годы. Они получили широкое развитие в организованной в 1944 г. лаборатории спектрального анализа (руководитель С. Л. Мандельштам). Был разработан ряд практических методик и новых приборов для спектрального анализа, среди которых надо указать на создание новых стилоскопов, сыгравших важную роль в работе оборонных заводов (С. Л. Мандельштам, Л. М. Иванцов, С. М. Райский), разработку «методики испарения»⁵⁰, обеспечившей получение недостижимой ранее чувствительности анализов и примененной для анализа урана на чистоту и других задач, разработку новых, быстрых и точных, автоматизированных фотоэлектрических установок.

Весьма обширное место в работе лаборатории заняла разработка физических основ и теории спектрального анализа. Эти работы внесли серьезный вклад в превращение спектрального анализа из эмпирического метода в самостоятельную научную дисциплину, покоящуюся на серьезном теоретическом фундаменте и чрезвычайно развитую экспериментально⁵¹.

Другим направлением работ лаборатории являются исследования по спектроскопии газового разряда. В обширном цикле теоретических и экспериментальных работ была разработана новая гидродинамическая теория искрового разряда и оригинальные методики исследований, позволившие получить важные сведения о процессах возбуждения, ионизации и излучения газов в состоянии высокотемпературной плазмы⁵².

В настоящее время основным направлением работ лаборатории спектрального анализа стали исследования по атомной спектроскопии. Здесь можно отметить разработку приближенных методов расчета с помощью электронно-счетных машин волновых функций атомов, теоретические и экспериментальные исследования процессов соударений атомов с медленными электронами, вопросы уширения спектральных линий и др.⁵³, давшие уже ряд интересных результатов.

Обширные исследования были проведены в Институте по спектроскопии пламен. Под руководством Н. Н. Соболева (сектор оптики пламен) проводилась разработка оптических методов измерения температуры нагретых газов и пламен применительно к конкретным практически важным объектам⁵⁴. Было проведено систематическое пиromетрическое исследование ряда технических пламен, в том числе факела жидкостного реактивного двигателя. Одновременно с разработкой пиromетрии пламен проводилось исследование формы ширины спектральных линий в пламенах и дугах^{55, 56}.

В настоящее время в секторе оптики пламен проводятся исследования физических процессов в газе за ударной волной и в дугах, горящих в благородных газах.

Работы в области полупроводников и диэлектриков. В течение первоначального периода (начиная с 1933 г.) основными работниками лаборатории диэлектриков являлись Б. М. Вул, И. М. Гольдман и Г. М. Коваленко. В дальнейшем в работах этой лаборатории приняли также участие Г. И. Сканава, С. В. Богданов и др.

В первые годы лаборатория диэлектриков проводила исследования электрической прочности газов при разных давлениях.

Наряду с электрическими явлениями в газах изучались также и твердые диэлектрики.

Исследования твердых, преимущественно керамических диэлектриков были предприняты в годы Отечественной войны с целью разработки керамических конденсаторов. Они завершились открытием в 1944 г. сегнетоэлектрических явлений в титанате бария. Эти работы были опубликованы в 1945—1957 гг. Сразу же после этого лаборатория провела целый ряд экспериментальных исследований, в которых были раскрыты и изучены основные свойства титаната бария как нового сегнетоэлектрика.

В настоящее время он приобрел крупное практическое значение и лаборатория вместе с отраслевыми НИИ и промышленностью проделала огромную работу, которая позволила довести это открытие до практики.

Термодинамическая теория сегнетоэлектрических явлений в титанате бария была разработана В. Л. Гинзбургом⁵⁸. Работы лаборатории по титанатам вызвали развертывание многочисленных исследований по этому направлению как в СССР, так и за рубежом.

Работы, выполнявшиеся в последние годы под руководством Г. И. Сканы (в *), направлены на изучение явлений, происходящих в твердых кристаллических и аморфных диэлектриках под действием электрического поля. При этом работа велась в направлении исследования физики диэлектрической поляризации, в частности релаксационной поляризации твердых диэлектриков^{59, 60}, а также исследования электронных процессов в кристаллических диэлектриках в сильных полях, приводящих в конечном счете к нарушению электрической прочности.

Работа по исследованию электретов привела к открытию нового класса электретов из неорганических поликристаллических диэлектриков, которые обладают весьма большой стабильностью и большим зарядом⁶¹.

Исследование релаксационной поляризации в твердых диэлектриках привело к открытию нового класса твердых диэлектриков — стронций-висмут-титанатов с весьма высокой диэлектрической проницаемостью (1000 и выше), не обладающих сегнетоэлектрическими свойствами. В основу работы было положено представление о том, что сочетание внутреннего поля, благоприятствующего поляризации, которое создается в структуре перовскит, с релаксационной поляризуемостью слабо связанных ионов, приводит к весьма высокой диэлектрической проницаемости без сегнетоэлектрических свойств⁶². Новые диэлектрики нашли уже применение при изготовлении специальных конденсаторов.

С помощью специально разработанной тонкой методики получен ряд закономерностей, представляющих интерес для физики электрического пробоя и электропроводности кристаллов⁶³.

За последнее время в лаборатории начато исследование влияния разного рода облучений на структуру и свойства диэлектрика.

Исследования по диэлектрикам с 1950 г. были распространены и на полупроводники, которые, как известно, представляют собой диэлектрики

*) Группа под его руководством была выделена в самостоятельную лабораторию в 1954 г.

с небольшой шириной запрещенной зоны. Эти работы под руководством Б. М. Вула ведет сейчас (в лаборатории полупроводников) коллектив, в который входят Э. И. Адирович, А. В. Ржанов, В. С. Вавилов, В. А. Чуенков и др.

После успешного завершения методического этапа работы в лаборатории были созданы первые образцы точечных (1950—1951 гг.), а затем в 1953 г. плоскостных германиевых диодов и триодов и проведено всестороннее их исследование. Была разработана теория распространения импульсов в полупроводниковых приборах, что представляет значительный интерес для использования этих приборов в счетно-решающих устройствах⁶⁴.

В настоящее время в лаборатории проводится работа по изучению действия нейтронов и быстрых электронов на германий. В этой области установлен ряд интересных закономерностей. Они позволили изучить влияние различных факторов на преобразование энергии β -излучения в электрическую, осуществляемое с использованием полупроводников⁶⁵.

Аналогичные исследования проводились и по облучению быстрыми нейтронами. Наконец, в области фотоэлектрических явлений изучается преобразование энергии света в электрическую с помощью кремниевых фотоэлементов.

Большое внимание уделяется также изучению процессов рекомбинации в объеме кристалла и на его поверхности, играющих существенную роль во всех электронных процессах в полупроводниках. Изучаются эффективные сечения рекомбинации для отдельных примесей и влияние различных факторов на скорость поверхностной рекомбинации⁶⁶.

Из работ принципиального значения следует отметить теорию электрического пробоя в полупроводниках. Используя экспериментальные исследования лаборатории по процессам ионизации в полупроводниках, находящиеся в сильных электрических полях, Б. М. Вул показал, что при пробое здесь имеет место процесс, совершенно аналогичный тому, который описывается теорией пробоя в газах⁶⁷.

В многочисленном коллективе Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР трудятся ученые, ведущие работы в самых разнообразных направлениях физической науки. Тематика работ охватывает весь диапазон от проблем чисто теоретических, развивающих основы естествознания, и до задач, имеющих непосредственное прикладное значение. Приведенный в статье обзор, не претендующий на полноту, поневоле является скорее перечнем, чем изложением сущности многочисленных полученных результатов. В списке литературы также пришлось ограничиться лишь указанием сравнительно небольшого числа основных работ. Число работ, публикуемых ежегодно Институтом, в последние годы достигло нескольких сотен и приводить здесь их полный список нет возможности.

Многоплановость тематики Института является, очевидно, большой силой. В какой-то мере решение любой серьезной проблемы требует комплексного подхода. Вместе с тем при современном развитии науки каждый работник в отдельности может быть полезен лишь при решении сравнительно узкого круга задач. Поэтому совместная работа специалистов различных профилей открывает перед Институтом большие возможности.

Вместе со всей страной Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР прошел за истекшие годы громадный путь развития. Исклю-

чительные возможности для научной работы, которыми располагает сейчас Институт, обязывают ко многому. Коллектив Физического института понимает свою ответственность перед Социалистической Родиной.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов С. И., Физический кабинет — физическая лаборатория — Физический институт Академии наук СССР за 220 лет, Изд-во АН СССР, М. — Л., 1945.
2. Вул Б. М. и Гольдман И. М., ЖТФ 4, 1613 (1934).
3. Векслер В. И., Коломенский А. А., Петухов В. А. и М. С. Рабинович, Атомная энергия, прил. к № 5, 1957.
4. Петухов В. А., Рабинович М. С., Зиновьев Л. П. и Данилкин И. С., Proc. CERN., № 1, 513 (1956).
5. Вернов С. Н., Григоров Н. Л., Добротин Н. А., Соколов С. П., Савин Ф. Д. и Куракин А. И., ДАН СССР 68, 253 (1949).
6. Биргер Н. Г., Векслер В. И., Добротин Н. А., Зацепин Г. Т., Курносова Л. В., Любимов Л. А., Розенталь И. Л., Эйдуз Л. Х., ЖЭТФ 19, 826 (1949).
7. Зацепин Г. Т., ДАН СССР 67, 993 (1949).
8. Скобелец Д. В., УФН 41, 331 (1950).
9. Материалы III Всесоюзного совещания по физике космических лучей, Известия АН СССР, XIX, № 5 — 6, 1955; XX, № 1, 1956.
10. Тамм И. Е., Journal of Physics 9, 445 (1945); УФН 56, 569 (1955).
11. Беленький С. З. а) Лавинные процессы в космических лучах, Гостехиздат, 1948; б) Известия АН СССР (сер. физ.) 19, 611 (1955).
12. Черенков П. А., ДАН 2, 451 (1934); Вавилов С. И., ДАН 2, 457 (1934); Черенков П. А., Труды ФИАН 2, № 4 (1944).
13. Тамм И. Е. и Франк И. М., ДАН 14, 107 (1937); см. также обзор — Болотовский Б. М., УФН 62, 201 (1957).
14. Хайкин С. Э. и Чихачев Б. М., ДАН 58, 1923 (1947).
15. Басов Н. Г. и Прохоров А. М., ЖЭТФ 27, 431 (1954).
16. Ландсберг Г. С. и Мандельштам Л. П., Naturwissenschaften 16, Н 27, 557—558 (1928).
17. Вул Б. М., «Электричество», № 3, 12 (1946).
18. Марков М. А., УФН 51, 317 (1953).
19. Гинзбург В. Л., УФН 62, 37 (1957).
20. Гинзбург В. Л., УФН 42, 169 (1950); 48, 25 (1952); ЖЭТФ 31, 202, 541 (1956).
21. Добротин Н. А., Космические лучи, Гостехиздат, 1954.
22. Векслер В. И., ДАН 43, 346 (1944); ДАН 44, 393 (1944); Journal of Physics, 9, 153 (1945).
23. Векслер В. И., Атомная энергия, № 5, 427 (1957).
24. Коломенский А. А., Петухов В. А., Рабинович М. С., ИТЭ, № 2, 26 (1956).
25. Лазарева Л. Е., Ратнер Б. С. и др., Труды Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии в 1955 г., стр. 306, ЖЭТФ 33, 53 (1957); ДАН 102, № 2 (1955); 32, 27 (1957).
26. Балдин А. М. и Михайлов В. В., ДАН 91, 479 (1953); Nuevo Chim. 3, № IX, стр. 4 (1955).
27. Белоусов А. С., Куценко А. В., Тамм И. Е., ДАН 102, 921 (1955); Адамович М. И., Векслер В. И. и др., Proc. CERN 2, стр. 265 (1956); ДАН 102, 715 (1955).
28. Грошев Л. В., Козинцев О. И., Лазарева Л. Е., Толстов К. Д., Фейнберг Е. Л., Франк И. М., Шапиро Ф. Л. и Штрайх И. В., Труды Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии 1—3 июля 1955 г., Доклады на заседаниях ОФМН.
29. Лазарева Л. Е., Фейнберг Е. Л. и Шапиро Ф. Л., ЖЭТФ 24, 381 (1955).
30. Бергман А. А., Исаков А. И., Мурин И. Д., Шапиро Ф. Л., Штрайх И. В. и Казарновский М. В., Доклад Р-642 на Международной женеvской конференции 1955 г.
31. Антонов А. В., Исаков А. И., Мурин И. Д., Неупокоев В. А., Франк И. М., Шапиро Ф. Л., Штрайх И. В., Доклад Р-661 на Международной женеvской конференции 1955 г.
32. Беловицкий Г. Е., Романова Т. А., Сухов Л. В. и Франк И. М., ЖЭТФ 29, 537, 1955.
33. Владимирский К. В., Кац М. И. и Стасевич Б. М., Доклад Р-631 на Международной женеvской конференции 1955 г.

34. Мандельштам Л. И. и Папалекси Н. Д., Новейшие исследования распространения радиоволн вдоль земной поверхности, ОГИЗ, 1945.
35. Альперт Я. Л., Гинзбург В. Л. и Фейнберг Е. Л., Распространение радиоволн, Гостехиздат, 1953.
36. Рытов С. М., Теория электрических флуктуаций, Изд-во АН СССР, 1955.
37. Виткевич В. В., ДАН **101**, 429 (1955).
38. Вавилов С. И., Микроструктура света, Изд-во АН СССР, 1950, стр. 43.
39. Галанин М. Д., Резонансный перенос энергии возбуждений в люминесцирующих растворах, Докторская диссертация, 1955.
40. Левшин В. Л., Фотолюминесценция жидких и твердых веществ, Гостехиздат, 1951.
41. Антонов-Романовский В. В., Механизм свечения щелочно-галогенных фосфоров, Докторская диссертация, Труды ФИАН, т. 2, вып. 2/3, 157 (1942).
42. Константинова М. А., Химический флуоресцентный анализ, Докторская диссертация, Труды ФИАН, т. 2, вып. 2/3, 1942.
43. Ландсберг Г. С., Известия АН СССР, сер. физ., № 3, 373 (1938); № 1, 5, 13 (1941).
44. Ландсберг Г. С., Бажулин П. А. и Сущинский М. М., Основные параметры спектров комбинационного рассеяния углеводородов, Изд-во АН СССР, 1956.
45. Мандельштам Л. И., ЖРФХО **58**, 381 (1926).
46. Фабелинский И. Л., УФН **63**, вып. 2 (1957).
47. Бажулин П. А., Поглощение ультразвуковых волн в жидкостях, докторская диссертация, Труды ФИАН **5**, 261 (1950).
48. Мандельштам Л. И. и Леоптович М. А., ЖЭТФ **7**, 438 (1938).
49. Мотулевич Г. П., Известия АН СССР, сер. физ. **11**, 390 (1947).
50. Мандельштам С. Л., Семенов Н. Н. и Туровцева З. М., Журнал аналитической химии, **XI**, 9 (1956).
51. Мандельштам С. Л., Введение в спектральный анализ, Гостехиздат, 1946.
52. Драбкина С. О., ЖЭТФ **21**, 473 (1951); Гегечкори Н. М., ЖЭТФ **21**, 493 (1951); Долгов Г. Г. и Мандельштам С. Л., ЖЭТФ **24**, 691 (1953); Мандельштам С. Л. и Суходрев Н. К., ЖЭТФ **24**, 701 (1953).
53. Мандельштам С. Л. и Мазинг М. А., Оптика и спектроскопия, **II**, 276 (1957).
54. Соболев Н. Н., Оптические методы измерения температуры пламен, Докторская диссертация, Труды ФИАН, **VII**, 161 (1956).
55. Соболев Н. Н., Межеричер Э. М. и Родин Г. М., ЖЭТФ **21**, 350 (1956).
56. Китаева В. Ф. и Соболев Н. Н., Оптика и спектроскопия, **1**, 302 (1951).
57. Вул Б. М. и Гольдман И. М., ДАН **46**, 154 (1954).
58. Гинзбург В. Л., ЖЭТФ **15**, 739 (1945); **19**, 36 (1949); УФН **38**, 490 (1949).
59. Сканава Г. И., ЖЭТФ, № 5 (1947).
60. Сканава Г. И., Электричество, № 8 (1947).
61. Губкин А. Н. и Сканава Г. И., ЖЭТФ **32**, вып. 1, 140 (1957).
62. Сканава Г. И. и Матвеева Е. Н., ЖЭТФ **30**, вып. 6, 1047 (1956).
63. Конорова Е. А. и Сорокина Л. А., ЖЭТФ **32**, вып. 1, 143 (1957).
64. Адирович Э. И. и Колотилова В. Г., ДАН **105**, 709 (1955).
65. Вавилов В. С., Л. С. Смирнов и др., ЖТФ **26**, 1865 (1956).
66. Ржанов А. В., ЖТФ **26**, 1389 (1956).
67. Вул Б. М., ЖТФ **26**, 2403 (1956).