

От физического кабинета до Отделения общей физики и астрономии

А.А. Боярчук, Л.В. Келдыш

PACS numbers: 01.55. + b, 01.65. + g

Первым научным физическим учреждением Академии наук был Физический кабинет Императорской академии наук и художеств в Санкт-Петербурге, появившийся одновременно с самой Академией в 1724 г.

С конца XVIII в. в России физика стала развиваться и вне стен академии, но, несомненно, под большим ее влиянием. К концу XIX в. физические и астрономические исследования проводились в ряде университетов, прежде всего в Московском и Петербургском, в Петербургском политехническом институте, в Главной (Пулковской) астрономической обсерватории, созданной в 1838 г. Хорошие физические школы сложились в Казани, Киеве, Томске, Одессе. В первые годы после революции исследовательская деятельность сосредоточилась главным образом в Москве — в университете и в Институте физики и биофизики, мало связанном с академией, и в Петербурге — в университете и в Политехническом институте, а также в двух больших физических институтах — Физико-техническом и Государственном оптическом, созданных в 1918 г. по инициативе А.Ф. Иоффе и Д.С. Рождественского. Они стали прообразами современных физических институтов, сочетающих как теоретические, так и прикладные исследования. Нынешняя система институтов Отделения общей физики и астрономии Российской академии наук начала зарождаться в 30-х гг. на базе уже существовавших научных организаций и путем создания новых институтов и обсерваторий в связи с растущими потребностями страны, вызванными развитием промышленности и оборонными нуждами.

В 1938 г. в составе Академии наук было образовано Отделение физико-математических наук, — одно из

восьми специализированных отделений академии. В 1963 г. из него выделилось Отделение общей и прикладной физики, в состав которого вошел также ряд институтов из Отделения технических наук. В 1968 г. оно было преобразовано в Отделение общей физики и астрономии, которое под таким названием существует и сегодня. Первым академиком-секретарем Отделения с 1963 по 1973 гг. был Л.А. Арцимович. Его сменил А.М. Прохоров, который оставался на этом посту до 1991 г. В 1991–1996 гг. академиком-секретарем Отделения был Л.В. Келдыш, а с 1996 г. его возглавляет А.А. Боярчук.

Первыми научными учреждениями Отделения стали Пулковская астрономическая обсерватория, уже давно имевшая признание как один из мировых астрономических центров, и созданный после разделения Физико-математического института и переехавший вместе с академией в Москву Физический институт им. П.Н. Лебедева (ФИАН), быстро превратившийся в один из основных институтов отделения. В 1934 г. П.Л. Капицей был организован Институт физических проблем, ныне носящий его имя. Эти два физических института дали всех (семь) нобелевских лауреатов по физике в нашей стране. Особая роль в становлении современной физики в России принадлежит Физико-техническому институту им. А.Ф. Иоффе, вошедшему в состав академии в 1939 г. Физтех был первым многопрофильным физическим центром в стране, в котором сформировалась блестящая плеяда физиков мирового уровня. Многие из них стали основателями институтов и сыграли выдающуюся роль в решении крупных научных и технических проблем.

В годы войны были образованы Институт кристаллографии, где разрабатывались методы выращивания нужных для практики кристаллов, проблемы симметрии и строения кристаллов, и Институт теоретической астрономии (реорганизованный в 1998 г.). 30 мая 1945 г. было принято решение о создании Крымской астрофизической обсерватории, которая быстро превратилась в один из ведущих центров по широкому кругу астрономических проблем (после распада СССР она отошла к Украине). В том же году был сформирован Казанский физико-технический институт, ориентированный вначале на изучение магнитных резонансов, но со временем значительно расширивший научную тематику — магнитная

Боярчук А.А. Отделение общей физики и астрономии РАН, 117993 ГСП-1 Москва, Ленинский просп. 32а, Российская Федерация
Тел. (095) 938-16-95;

Институт астрономии РАН
109017 Москва, ул. Пятницкая 48, Российская Федерация
Тел. (095) 951-09-24

Келдыш Л.В. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
Тел. (095) 135-30-33; Факс (095) 135-85-55
E-mail: keldysh@gp.ad.ac.ru

Статья поступила 1 июня 1999 г.

радиоспектроскопия, физика конденсированного состояния, изучение свойств поверхности.

Затем последовала эпоха рождения специализированных институтов: в 1953 г. был организован крупнейший в академии институт радиофизического и радиотехнического направления — Институт радиотехники и электроники. Его тематика охватывает широкий круг проблем: распространение радиоволн и радиолокация, в том числе космическая; электродинамика и техника СВЧ; акусто-, магнито-, полупроводниковая и сверхпроводниковая электроника; физика и электроника твердотельных наноструктур; биомедицинская электроника.

В конце 50-х и в 60-е годы одной из прогрессивных форм организации академической науки стали академгородки. В 1958 г. в г.Троицке был создан Институт физики высоких давлений, ориентированный на изучение свойств вещества при высоких давлениях и создание сверхтвердых материалов, включая искусственные алмазы. В 1959 г. в состав Академии наук вошел Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН), основанный еще в 1939 г. Здесь исследуются излучение Солнца и космические лучи, в том числе с помощью космических аппаратов, солнечно-земные связи, магнитные поля Земли и планет, ионосфера и распространение радиоволн. В 1968 г. академгородок в Троицке пополнился Институтом спектроскопии, коллектив которого проводит исследования в различных областях спектроскопии атомов, молекул, конденсированных сред, включая лазерную спектроскопию.

В 1963 г. в пос. Черноголовка был организован Институт физики твердого тела, занимающийся изучением всего комплекса проблем современной физики твердого тела — от фундаментальных вопросов теории и уникальных физических экспериментов до реализации конкретных технологических процессов в опытном производстве института, оснащенном, в частности, всеми видами металлургического передела. В составе Черноголовского научного центра тогда же на основе ряда теоретических групп, ранее входивших в Институт физических проблем им. П.Л. Капицы, был создан Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау. Его тематика включает практически все направления современной теоретической физики, а в институте работают известные во всем мире физики-теоретики.

В связи с развернувшимися в стране работами по освоению космоса в 1965 г. возник Институт космических исследований — центр постановки программ фундаментальных исследований космического пространства. Почти одновременно, в 1966 г., на базе создаваемых уникальных наземных астрономических инструментов — оптического 6-метрового телескопа и радиотелескопа РАТАН-600 — была организована Специальная астрофизическая обсерватория. В настоящее время она является фактически единственной современной наблюдательной базой в России, ее национальным достоянием и центром международной кооперации в области астрономии.

На основе известной горьковской школы радиофизики в 1977 г. был создан Институт прикладной физики, развернувший работы в области мощной электроники СВЧ, физики плазмы, гидрофизики и акустики, оптики и физики лазеров. В этом институте на базе отделения физики твердого тела сформировался и в 1993 г. выде-

лился в самостоятельный Институт физики микроструктур, специализирующийся на исследованиях высокотемпературной сверхпроводимости, твердотельных наноструктур, рентгеновской оптики.

Еще в 1983 г. от ФИАН отделился комплекс лабораторий, образовав Институт общей физики. Новый институт, как и ФИАН, — многопрофильный: лазерная физика и волоконная оптика, физика плазмы, акустика и гидрофизика.

В 1986 г. в рамках решения правительства о создании системы "Квазар КВО" в целях координатно-временного обеспечения страны в Ленинграде был организован Институт прикладной астрономии. В его задачи входят также определение параметров вращения Земли и развитие радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами. Существовавший с 1936 г. исследовательский Астрономический совет был преобразован в 1990 г. в Институт астрономии, в котором изучаются звезды и их эволюция, межзвездная среда, планеты, проводятся космические исследования и наблюдение космических искусственных тел.

В настоящее время в институтах Отделения общей физики и астрономии РАН сложились следующие основные направления исследований: физика конденсированного состояния вещества; оптика и лазерная физика; физика плазмы и управляемый термоядерный синтез; радиофизика, электроника и акустика; астрономия и исследование космического пространства. В 19 институтах Отделения работают более 14 тыс сотрудников, в том числе более 70 членов Российской академии наук, более тысячи докторов и более 6 тыс кандидатов наук. В Отделении общей физики и астрономии на 1 марта 1999 г. состоит 48 действительных членов и 73 члена-корреспондента РАН.

Физика

В конце XIX — в начале XX вв. складываются научные школы, которые впоследствии определяют лицо российской физики и ее выдающееся место в истории науки XX столетия. Их основателями стали, в первую очередь, П.Н. Лебедев и несколько позднее Л.И. Мандельштам в Москве, Д.С. Рождественский и А.Ф. Иоффе в Петрограде. Большую роль в становлении теоретической физики в России сыграл также П. Эренфест.

П.Н. Лебедев был не только виртуозным экспериментатором, работы которого по измерению светового давления пользовались мировым признанием. Он создал в Москве, по существу, первую физическую лабораторию в современном понимании этого слова и первый регулярный физический семинар. С этого и началось формирование профессионального сообщества физиков. Несколько позже аналогичные процессы проходили и в Петрограде. Д.С. Рождественский, как и П.Н. Лебедев, был оптиком и с полным правом может быть назван основателем российской школы спектроскопистов, важнейшего в те годы научного направления, развитие которого последовало за созданием Н. Бором квантовой модели атома и атомных спектров. Д.С. Рождественский стал и идеологом создания оптической промышленности в Советском Союзе.

Неудивительно, таким образом, что значительная часть достижений советской физики, особенно в первой половине нынешнего века, была связана именно с

оптикой. В числе наиболее ярких следует назвать открытие Г.С. Ландсбергом и Л.И. Мандельштамом комбинационного рассеяния света и его правильную интерпретацию как неупругого рассеяния с передачей части световой энергии на возбуждение колебаний молекул или кристаллических решеток. Благодаря последующим работам Г.С. Ландсберга и его сотрудников явление это стало мощным аналитическим методом как для научных исследований, так и для многочисленных приложений.

Выдающуюся роль в дальнейшем развитии физики, особенно физики высоких энергий, сыграло открытие П.А. Черенковым излучения, сопровождающего прохождение быстрых электронов через вещество. Это явление И.Е. Тамм и И.М. Франк объяснили как своего рода световую "ударную" волну, возникающую при движении заряженной частицы со скоростью, превышающей скорость света в данном конкретном веществе.

Открытие это ни в коей мере нельзя считать случайным. П.А. Черенков работал под руководством С.И. Вавилова, школа которого, как и школа А.Н. Теренина, была ведущей в мире по изучению люминесценции и широким фронтом вела исследования механизмов излучения различных веществ при разных условиях возбуждения — светом, быстрыми частицами и др. По существу, это были исследования строения вещества на атомно-молекулярном уровне, структуры его энергетического спектра, преобразования и механизмов переноса энергии возбуждения, сопровождающих процессы фотохимических реакций и т.п. Они имели и прикладную направленность — создание люминесцентных источников света. Особенную значимость эти работы приобрели после появления когерентных источников оптического излучения — лазеров, когда вся накопленная здесь информация и методы стали одной из главных основ квантовой электроники.

Чрезвычайно плодотворным для оптики кристаллов оказалось введенное Я.И. Френкелем понятие экситона — коллективизированного возбужденного состояния, которое не локализовано на какой-то отдельной молекуле, а, резонансным образом передаваясь от одной молекулы к соседней и далее, может распространяться на макроскопические расстояния. В дальнейшем А.С. Давыдов показал теоретически, что, если элементарная ячейка кристалла содержит две или несколько одинаковых молекул, тот же самый механизм резонансной коллективизации в пределах ячейки приводит к характерному расщеплению экситонных термов. Экспериментальные работы школы И.В. Обреимова и А.Ф. Прихотько подтвердили, что экситоны, включая и давидовское расщепление, действительно являются характерной особенностью оптики молекулярных кристаллов и стимулировали таким образом исследования этого направления во всем мире.

Драматичным было открытие и исследование экситонов в полупроводниках, сделанное Е.Ф. Гроссом и его учениками Б.П. Захарчиной, Н.А. Каррыевым и А.А. Каплянским. В отличие от молекулярных кристаллов, в полупроводниках электроны делокализованы, так что возбужденный электрон может уйти от покинутого им места ("дырки") на многие межатомные расстояния. Однако, как показали теоретически Г. Ванье и Н. Мотт, электрон, притягиваясь к дырке кулоновскими силами, может быть связан с ней подобно электрону в атоме водорода. При этом кулоновские силы существенно

ослаблены диэлектрической проницаемостью кристалла, так что эффективный радиус такого подвижного "квазиатома" внутри сплошного кристалла оказывается во много раз больше размеров обычных атомов, а энергия связи, как правило, на 1–3 порядка меньше ридберга. Именно такие водородоподобные серии линий и обнаружили Е.Ф. Гросс и его сотрудники, породив широчайшее поле исследований не только в обычных полупроводниках, но и в так называемых полупроводниковых наноструктурах. Следуя далее аналогии экситонов Ванье–Мотта с атомами, С.А. Москаленко предположил существование экситонных молекул — биекситонов, подтвержденное многими последующими экспериментами и оказавшееся не менее характерным для нелинейной оптики полупроводников.

Открытие эффекта Черенкова стимулировало поиск и других подобных явлений и условий, в которых излучают быстрые заряженные частицы. В этой связи следует упомянуть предсказанное В.Л. Гинзбургом и И.М. Франком "переходное" излучение, возникающее при пересечении быстрой частицей границы раздела двух сред с различными показателями преломления; "ондуляторное" излучение (В.Л. Гинзбург) при пролете заряда через периодическую структуру или силовое поле, модулирующее его скорость, и как дальнейшего развитие этой идеи — мазеры на свободных электронах.

Принципиально новый раздел современной спектроскопии открыли работы Е.Б. Александрова по интерференции атомных состояний. Речь идет о том, что излучающее состояние атома может быть не одним из его стационарных состояний, как это принималось в первоначальной теории атомных спектров Бора, а квантово-механической суперпозицией нескольких таких состояний. При этом возникают интерференционные эффекты — волновых функций электрона, а не электромагнитных полей, которые могут кардинально изменить вероятности различных переходов, их временные зависимости и т.п. Возможности манипулирования атомными состояниями и спектрами стали одним из наиболее перспективных современных направлений атомной физики и оптики. Среди российских работ следует отметить еще подтвержденное недавними экспериментами предсказание возможности на этом пути достичь усиления электромагнитных волн без инверсии населенностей, необходимой в обычной схеме лазеров (Я.И. Ханин, О.А. Кочаровская). Говоря о развитии оптики в России, нельзя не упомянуть и пионерские работы Ю.Н. Денисюка, объединившие идею голографии Д. Габора с идеей цветной фотографии, а также открытие Б.Я. Зельдовичем, В.И. Поповичевым, В.В. Рагульским и Ф.С. Файзуловым явления самообращения волнового фронта при вынужденном рассеянии Мандельштама–Бриллюэна, родственного в известной мере голографии и позволяющего практически полностью корректировать искажения светового пучка, вносимые неоднородностями среды на трассе его распространения.

Революцией XX в. в оптике стало создание лазеров. Однако прежде чем говорить о важнейшей роли в ней российских физиков, необходимо остановиться на другой, не менее существенной области — радиофизике. Ее развитие в России начинается с выдающегося события — изобретения радио А.С. Поповым. И это не было изолированным прорывом. Достаточно вспомнить, что в те же годы П.Н. Лебедев демонстрировал созданный

им вибратор Герца, излучавший миллиметровые волны — наиболее короткие для того времени. Большую роль на первом этапе развития радиотехники и радиофизики сыграла "Нижегородская радиолaborатория" под руководством М.А. Бонч-Бруевича.

Однако становление радиофизики как одной из центральных областей физики связано в первую очередь с именами Л.И. Мандельштама, Н.Д. Папалекси и их многочисленных учеников. Для Л.И. Мандельштама радиофизика была лишь одной (хотя и наиболее важной в тот период) из областей проявления весьма универсального для физики класса колебательных явлений, включая и распространяющиеся в пространстве колебания, т.е. волны. И поэтому неудивительно, что он и его школа внесли равный вклад и в создание радиофизики, и в развитие оптики. К началу века физика накопила уже большой объем фактов о разного типа и разной природы колебаниях и волнах. Однако хорошо поняты были лишь малые колебания, описываемые линейными уравнениями. Развитие радиотехники, в первую очередь проблема генерации и регистрации (приема) сигналов, потребовало изучения процессов, где сами колебания уже существенно модифицируют параметры и свойства той среды или устройства, в которых они происходят. Иными словами, на первый план выдвинулись проблемы гораздо более богатой и разнообразной области нелинейных и параметрических процессов самовоздействия колебаний или взаимодействия разных типов колебаний.

Именно в этой области, начатой еще трудами Вандер-Поля, школа Л.И. Мандельштама добилась наиболее существенных успехов и стала лидирующей в мире. Не случайны ее достижения в изучении как рассеяния света на различных собственных колебаниях среды — рассеяние Мандельштама–Бриллюэна, комбинационное рассеяние и т.п., так и проблемы генерации радиоволн путем преобразования энергии из других типов колебаний. Выдающееся значение в создании общей теории нелинейных колебаний, в частности, автоколебаний — основы любого процесса генерации колебаний, имели труды А.А. Андропова и организованной им горьковской школы. В последующем работы этой школы распространились на нелинейную акустику, электродинамику плазмы и электронных пучков, динамику Мирового океана, следуя общей тенденции превращения физики нелинейных колебаний в часть еще более общей области — нелинейной динамики.

Восходящая к Д.А. Рожанскому идея об использовании модуляции (или автомодуляции) скорости электронных потоков для генерации и усиления радиоволн нашла широчайшее применение в самых разных областях электроники. Работы коллективов, созданных А.В. Гапоновым–Греховым и Г.А. Месяцем, в области сильноточной электроники больших мощностей занимают ведущее место в мире и относятся к наивысшим достижениям российской радиофизики.

В 1944 г. Е.К. Завойский открыл новое явление — электронный парамагнитный резонанс — поглощение радиоволн с переворотом спина электрона, ориентированного внешним магнитным полем. На квантовом языке — это переход между уровнями энергии находящегося в магнитном поле спинового магнитного момента, вполне аналогичный оптическим переходам между атомными уровнями. Явление электронного парамагнитного резонанса, одно из наиболее важных в

радиоспектроскопии близких уровней в квантовых системах, вместе с подобным ему явлением ядерного магнитного резонанса стали основой эффективных аналитических методов в различных областях физики, химии, биологии, медицины, техники и т.п.

Еще через 10 лет систематическое исследование возможностей радиоспектроскопии привело Н.Г. Басова и А.М. Прохорова к идее квантового генератора электромагнитных волн, совместившей методы классической радиотехники с эйнштейновскими представлениями о вынужденном излучении на квантовых переходах. Эта идея была реализована ими, а также Ч. Таунсом сначала в СВЧ-диапазоне с использованием молекулярного пучка аммиака. Затем были созданы парамагнитные усилители на переходах типа электронного парамагнитного резонанса. И потребовалось всего несколько лет на преодоление чисто технологических трудностей для реализации этих идей и методов уже в оптической области и создание квантовых генераторов света — лазеров. Другой составной частью родившейся квантовой электроники стали уже описанные выше исследования механизмов люминесценции различных сред.

Таким образом, произошло как бы объединение, точнее, сближение оптики и радиофизики, и начался интенсивный обмен идеями и методами между этими разделами физики. Возникла нелинейная оптика. Важнейшую роль в ее становлении сыграла школа Р.В. Хохлова и С.А. Ахманова. В развитие идей Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси о параметрической генерации ими был создан параметрический генератор света, позволивший плавно перестраивать частоту генерируемого излучения. Благодаря этому неизмеримо расширились спектроскопические возможности лазеров, а также возможности селективно возбуждать те или иные уровни и таким образом эффективно управлять квантовыми состояниями и процессами на атомном или молекулярном уровнях. В создании новых методов нелинейной спектроскопии, более прецизионных и эффективных, чем методы обычной линейной спектроскопии, весьма велик вклад С.А. Ахманова, В.С. Летохова, В.П. Чеботаева и их сотрудников.

Явление спонтанного параметрического рассеяния, т.е. распад фотона в среде на два фотона меньшей энергии, предсказанное Д.Н. Клышко и экспериментально открытое им совместно с В.В. Фадеевым и О.Н. Чунаевым, поначалу казалось лишь одним из многих в ряду новых явлений нелинейной оптики. Однако вскоре было показано, что оно обладает удивительными метрологическими возможностями, позволяя сравнивать интенсивности различных реальных процессов с интенсивностью вакуумных флуктуаций или, точнее, с вероятностями спонтанных переходов. Таким образом, могут быть реализованы абсолютный эталон яркости, абсолютная (без эталонов) калибровка квантовой эффективности различных приемников и т.п. В последние годы это явление, приводящее к почти одновременному рождению коррелированных пар фотонов, становится физической основой предлагаемых методов квантовой обработки и передачи информации (квантовые вычисления, квантовая криптография и т.п.).

Г.А. Аскарьяну принадлежит идея самофокусировки интенсивных световых потоков, т.е. создания ими для себя линз или самоподдерживающихся волноводов в

среде, в которой они распространяются.

Еще один раздел радиофизики, интенсивно развивавшийся в России, — распространение радиоволн. Математическая задача в этом случае достаточно сложна из-за близости излучения (в масштабе длины волны) к границе раздела, и в ее решении велика заслуга В.А. Фока. Внесли свой вклад в развитие теории распространения радиоволн Е.Л. Фейнберг, А.Н. Шукин, В.Л. Гинзбург, В.В. Мигулин. В военные и послевоенные годы интенсивно развивались работы по наземной радиолокации (Ю.Б. Кобзарев). В это же время Н.Д. Папалекси обратил внимание на интересные возможности радиолокации планет и Луны. Впоследствии широкие исследования в этой области были проведены под руководством В.А. Котельникова.

Существенное значение при распространении радиоволн в ионосфере могут иметь и нелинейные явления, так как нагрев свободных электронов полем волны — наиболее легко достижимый источник нелинейности. В СССР, особенно в Горьком, проводились интенсивные исследования активного воздействия на ионосферу, т.е. возможности управлять ее свойствами с помощью мощных направленных потоков радиоволн. Не случайно, по-видимому, первое из обнаруженных явлений такого рода — взаимная модуляция двух волн, распространяющихся в атмосфере, — носит название люксембург-горьковского эффекта.

Вероятно, именно интерес к проблеме распространения радиоволн в ионосфере, как и к проблеме газового разряда, были первопричиной интереса российских физиков к физике плазмы, хотя предшественником этих работ можно считать и исследования искры Д.А. Рожанским еще в начале века. Одним из наиболее существенных достижений, безусловно, является кинетическое уравнение А.А. Власова, использующее понятие самосогласованного поля, создаваемого совместно внешними источниками и всеми заряженными частицами плазмы. Это уравнение остается основой всех теоретических исследований процессов в плазме вплоть до наших дней.

Но физика плазмы стала одним из центральных разделов современной физики лишь во второй половине XX в., после того, как А.Д. Сахаров и И.Е. Тамм предложили идею осуществления управляемого термоядерного синтеза в плазме, удерживаемой и изолированной от стенок магнитным полем собственного тока. Первые системы такого рода были созданы в СССР под руководством Л.А. Арцимовича и получили название "токамаков". В дальнейшем эти работы были продолжены под руководством Б.Б. Кадомцева и Е.П. Велихова. До настоящего времени токамаки считаются наиболее перспективными для создания термоядерного реактора, и именно на них во всем мире выполнено подавляющее большинство исследований горячей плазмы. Однако вскоре эти эксперименты натолкнулись на проблему неустойчивости плазмы. Российские физики внесли основной вклад в развитие теории неустойчивости и коллективных процессов в плазме (В.Д. Шафранов, Б.Б. Кадомцев, Р.З. Сагдеев, В.П. Силин и др.). Был предложен и ряд иных подходов к проблеме удержания плазмы, например в специальной конфигурации внешнего магнитного поля — "пробкотрон" Г.И. Будкера. Из принципиально других подходов следует упомянуть еще очень быстрый нагрев плазмы мощным сфокусированным лазерным импульсом, предложенный Н.Г. Басовым

и О.Н. Крохиным. Такие системы были впервые построены в СССР. Уже сейчас они стали эффективными источниками мощного рентгеновского излучения, как и системы типа "плазменный фокус", основанные на самосжатии мощного разряда под действием собственного поля.

Одним из центральных вопросов осуществления управляемого термоядерного синтеза является проблема устойчивого нагрева плазмы. В настоящее время едва ли не наиболее перспективным считается нагрев высокочастотным полем, а наиболее эффективными генераторами таких полей — так называемые гиротроны, разработанные и созданные под руководством А.В. Гапонова-Грехова.

С классических работ Е.С. Федорова, нашедшего все так называемые пространственные группы симметрии, берет начало российская кристаллография. Ее последующее и современное развитие связано, в первую очередь, с именами А.В. Шубникова — основателя Института кристаллографии, обобщившего федоровские группы на случай магнитоупорядоченных кристаллов; Н.В. Белова — автора как ряда общих подходов к анализу кристаллических структур разных типов веществ, так и расшифровки сотен конкретных структур, включая важнейшие природные минералы; Б.К. Вайнштейна — создателя российской школы структурного анализа биомолекул.

Большое количество полиморфных превращений из одной кристаллической структуры в другую, сопровождаемых нередко кардинальным изменением физических свойств, например, переходом диэлектрик — металл, наблюдается при высоких давлениях. Ряд таких переходов изучен в Институте физики высоких давлений, созданном Л.Ф. Верещагиным. Среди наиболее существенных можно назвать превращение графит — алмаз, а также переход одного из наиболее распространенных минералов земной коры — кварца в плотную фазу — стишовит, найденный С.М. Стишовым. Аналогичные исследования, но при более высоких динамических давлениях в мощных ударных волнах проведены Л.В. Альтшулером и С.Б. Кормером, их сотрудниками.

В наибольшей мере развитие исследований в широкой области физики конденсированного состояния, включая физику твердого тела, жидкостей, квантовых жидкостей и т.п., связано с именем А.Ф. Иоффе, его школой, созданным им Физико-техническим институтом. Для этой школы всегда было характерным сочетание глубоких физических исследований с материаловедческими, с поиском возможных практических применений новых научных достижений. В этой связи можно упомянуть исследования самого А.Ф. Иоффе по электрической прочности диэлектриков и разработанную в связи с этими исследованиями В.А. Фоком теорию теплового пробоя. И в последующие годы проблемой электрического пробоя занимались многие группы российских физиков. Сама проблема, однако, при этом видоизменялась, переходя в проблему туннельных явлений и лавинного размножения свободных электронов и дырок в полупроводниках и полупроводниковых приборах, а затем и в проблему пробоя мощными лазерными импульсами. Одно из последних ярких достижений на пути изучения взаимодействия кристаллов с мощными лазерными импульсами — открытие Е.И. Штырковым и И.Б. Хайбуллиным важного для практики явления так называемого лазерного отжига — мгновенного распла-

вления мощным импульсом приповерхностного слоя кристалла с последующей его быстрой рекристаллизацией.

С.Н. Журков с сотрудниками и ряд других коллективов достигли значительного прогресса в понимании природы прочности реальных материалов, ее связи с флуктуационным зарождением и развитием различных дефектов, накоплением их во времени и т.п. Крупным достижением стало и выяснение Г.В. Курдюмовым природы и механизма мартенситных превращений в сплавах — основы процесса закаливания и получения наиболее твердых сплавов. Ю.А. Осипьян с сотрудниками открыли фотопластический эффект, т.е. изменение механических свойств кристаллов под действием света.

Событием в физике сегнетоэлектриков считается открытие Б.М. Вулом и его сотрудниками титаната бария, быстро ставшего модельным материалом для исследования сегнетоэлектрических переходов "типа смещения" (в отличие от переходов "типа упорядочения"). В.Л. Гинзбургом была построена феноменологическая теория сегнетоэлектриков, впервые указавшая на смягчение по мере приближения к точке перехода одной из колебательных мод кристалла как на движущую силу перехода. Теория эта была в духе общего подхода Л.Д. Ландау к фазовым переходам II рода, связывавшего их с возникновением какой-то упорядоченности и спонтанным нарушением той или иной симметрии.

Однако центральное место в деятельности Физико-технического института, как и самого А.Ф. Иоффе, заняла со временем физика полупроводников с ее потенциальными применениями в системе передачи и обработки информации, а также и в качестве преобразователей энергии из одних форм в другие — фотоэлектрических, термоэлектрических и т.п. Среди крупнейших достижений на этом пути могут быть названы, в частности, введение в физику и технику Н.А. Горюновой с сотрудниками нового важнейшего класса алмазоподобных полупроводников — соединений элементов III и V групп периодической системы элементов, а также созданные Ж.И. Алферовым с сотрудниками полупроводниковых гетеропереходов и лазеров на их основе. Последнее стало, по существу, решающим шагом к конструированию на атомном уровне полупроводниковых структур субмикронного и нанометрового масштабов (а также их электронных спектров) за счет так называемого размерного квантования уровней энергии в пространственно ограниченных "квантовых ямах". Такие системы с полностью управляемыми свойствами теперь — основные объекты физики полупроводников и ряда других областей физики твердого тела.

Следует отметить также систематическое изучение жидких полупроводников, начатое А.Ф. Иоффе, А.Р. Регелем и их сотрудниками. Сформулированный ими критерий минимальной подвижности свободных носителей заряда — прообраз последующих широких исследований проблемы локализации электронов и превращений типа металл–диэлектрик в разупорядоченных (некристаллических) системах.

И.Е. Тамм впервые показал, что вблизи поверхности кристалла или границы раздела двух кристаллов могут возникать специфические приповерхностные электронные состояния и соответствующие им уровни энергии. Они существенно определяют работу выхода электронов, прохождение тока через границу раздела, абсорб-

цию атомов на поверхности, гетерогенный катализ и т.п. В связи с переходом к микро- и наноструктурам роль различного типа поверхностных состояний в практических приложениях становится все более и более существенной.

Актуальное направление физики твердого тела последнего десятилетия — исследование так называемых мезоскопических систем с линейными размерами (обычно — субмикронными), в пределах которых не нарушается даже фазовая когерентность электронных волновых функций. Одно из самых ярких проявлений этой когерентности, продемонстрированное Ю.В. Шарвиным, — осцилляционная зависимость сопротивления от магнитного потока. Это явление родственно квантованию магнитного потока в сверхпроводниках и тесно связано с незатухающими токами в мезоскопических контурах в магнитном поле.

Классической в физике магнитных явлений остается работа Л.Д. Ландау по квантованию движения заряженной частицы в магнитном поле и возникающем отсюда диамагнетизме электронов в металлах — неразрешимой загадки для классической физики. Термин "уровни Ландау" и по сей день — один из самых часто употребляемых в физике твердого тела. Общая классификация всех магнитоупорядоченных структур строится в терминах пространственных магнитных групп, введенных А.В. Шубниковым и изученных подробно его сотрудниками.

На обменное взаимодействие как основу магнитного упорядочения указано было впервые Я.И. Френкелем, Я.Г. Дорфманом, В. Гейзенбергом. С.В. Вонсовский и С.Г. Шубин предложили так называемую $s - d$ модель, послужившую вместе со своими многочисленными модификациями базой для микроскопического анализа природы реальных магнитных структур переходных металлов. Теория Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица дала возможность полного описания структуры доменов и разделяющих их доменных стенок в ферромагнетиках. Фундаментальное значение для современного понимания природы магнитоупорядочения, в том числе антиферромагнитного и слабоферромагнитного состояний, имели работы А.С. Боровика-Романова и его сотрудников, а также их исследования ядерного магнетизма сверхтекучей фазы гелия-3. И.Е. Дзялошинский объяснил явление слабого ферромагнетизма как состояние, возникающее при слабом нарушении антиферромагнитной упорядоченности релятивистскими эффектами.

Во многом определяющий вклад внесли российские ученые в физику низких температур и особенно в физику квантовых жидкостей и кристаллов. Важнейшим шагом здесь стало открытие П.Л. Капицей сверхтекучести жидкого гелия — явления, которое поначалу должно было казаться невероятным, как, впрочем, и ранее открытая Г. Камерлинг-Оннесом сверхпроводимость. Феноменологическая теория Л.Д. Ландау, объяснившая это явление путем постулирования определенного вида спектра элементарных возбуждений — наименее квантовых возбужденных состояний макроскопической системы бозе-частиц, — по существу, ввела в физику само понятие квантовой жидкости. Эта теория явилась одновременно и триумфом концепции элементарных возбуждений как своеобразных, почти не взаимодействующих квазичастиц, которые могут не иметь ничего общего с реальными, сильно взаимодействующими друг

с другим частицами, образующими кристалл или жидкость. Впервые введенная И.Е. Таммом для фононов — колебательных квантов кристаллических решеток, а затем Я.И. Френкелем для экситонов, концепция эта, однако, именно в применении к бозе-жидкости дала столь драматически нетривиальные результаты. Вслед за тем Н.Н. Боголюбов в рамках упрощенной модели слабо неидеального бозе-газа с отталкивательным взаимодействием предложил микроскопическое обоснование звукового спектра элементарных возбуждений — ключевого элемента в постулированном Л.Д. Ландау спектре.

Важнейшие экспериментальные исследования уникальных свойств сверхтекучего гелия были проведены в созданном П.Л. Капицей Институте физических проблем Э.Л. Андроникашвили, В.П. Пешковым, А.И. Шальниковым и др. Позже Л.Д. Ландау сформулировал и теорию ферми-жидкости, подтвержденную затем исследованиями жидкого гелия-3 и показавшую, насколько драматично различаются за счет разной статистики эти две жидкости — гелий-4 и гелий-3, — при практически одинаковом взаимодействии их атомов. Л.П. Питаевский указал на возможность, позже экспериментально подтвержденную, существования сверхтекучей фазы и в гелии-3 за счет явления, подобного феномену Купера в сверхпроводниках — образования конденсата пар атомов.

А.И. Шальниковым с учениками были начаты экспериментальные исследования не менее уникального объекта — квантового кристалла гелия-4, существующего только под давлением, хотя и небольшим. Целый ряд весьма необычных явлений, касающихся движения дефектов — квантовой диффузии — в таком кристалле, когерентных "волн кристаллизации" на границе его раздела с жидкой фазой и т.п., предсказаны А.Ф. Андреевым. Волны кристаллизации, в частности, были изучены А.Я. Паршиным и К.О. Кешишевым в Институте физических проблем. Теория квантовой кинетики фазовых переходов I рода построена И.М. Лифшицем и Ю.М. Каганом.

Необходимо отметить, что российская физика низких температур во многом обязана своими успехами созданным П.Л. Капицей высокопроизводительным методам и аппаратам ожижения газов, в том числе так называемых турбодетандеров, благодаря которым эта область науки приобрела важнейшее значение и для экономики.

Микроскопическая природа сверхпроводимости, открытой еще в 1911 г., оставалась загадкой в течение почти полувека. Но еще за несколько лет до ее разрешения В.Л. Гинзбург и Л.Д. Ландау построили феноменологическую теорию в духе уже упомянутой выше общей теории Ландау для фазовых переходов II рода. Однако характерной особенностью этой теории стала квантовая природа вводимого в нее параметра порядка — макроскопической волновой функции, подчиняющейся нелинейному волновому уравнению Шрёдингера. Теория эта позволила количественно описать большинство эффектов, связанных со сверхпроводимостью, и предсказать ряд новых. Она оказалась столь успешной, что и после создания Д. Бардиным, Л. Купером и Д.Р. Шриффером последовательной микроскопической теории большинство практических расчетов конкретных явлений производится в рамках теории Гинзбурга–Ландау, которая, однако, уже строго обоснована Л.П. Горьковым, исходя из микротехники. Более того, предложенный подход вышел далеко

за пределы физики сверхпроводников. Он обобщен В.Л. Гинзбургом и Л.П. Питаевским на сверхтекучую бозе-жидкость, а так называемый функционал Гинзбурга–Ландау распространился на самые разные области теоретической физики, вплоть до квантовой теории поля и квантовой космологии.

В применении же к сверхпроводникам одним из важнейших результатов теории стала выясненная А.А. Абрикосовым картина проникновения магнитного поля в так называемые сверхпроводники II рода в виде тонких вихревых нитей, в центре которых сверхпроводящее состояние разрушено. Благодаря этому образец в целом остается сверхпроводящим вплоть до значений магнитного поля (или тока), существенно больших тех, при которых начинается проникновение магнитного поля, что весьма важно для создания сверхпроводящих магнитов, пропускающих больших токов и т.п. К сверхпроводникам II рода относятся обычно "грязные" сверхпроводники, т.е. обладающие относительно малой длиной свободного пробега электронов. По-видимому, именно такое поведение сверхпроводящих сплавов в магнитном поле наблюдал Л.В. Шубников задолго до того, как сложилось понимание этой картины. В высокотемпературных сверхпроводниках и в сильных магнитных полях, и при больших токах наблюдается сложная картина взаимодействия вихрей, их пространственного упорядочения, движения, создающего небольшую диссипацию. Она была проанализирована А.И. Ларкиным с сотрудниками. После создания микроскопической теории многие наиболее важные эффекты были рассчитаны сотрудниками Л.Д. Ландау: А.А. Абрикосовым, Л.П. Горьковым, И.М. Халатниковым и др. Одно из наиболее красивых явлений — отражение электрона от границы раздела нормального металла со сверхпроводником в виде "дырки", предсказанное А.Ф. Андреевым, объясняется необходимостью для проникающего в сверхпроводник электрона захватить с собой еще один электрон из нормального металла, чтобы образовать новую куперовскую пару в сверхпроводнике. Следует упомянуть предсказанное А.И. Ларкиным и Л.Г. Асламазовым явление парапроводимости, т.е. флуктуационное появление областей сверхпроводящей фазы в нормальном металле при температурах выше критической.

Электронные свойства металлов определяются структурой их энергетического спектра в окрестностях энергии Ферми, иначе говоря, геометрией поверхности Ферми, которая в большинстве даже простых металлов весьма сложна. И.М. Лифшиц сформулировал общую программу экспериментального определения поверхностей Ферми реальных металлов. С этой целью он и группа его учеников (М.Я. Азбель, М.И. Каганов, Э.А. Канер, А.М. Косевич, В.Г. Песчанский и др.) провели систематическое теоретическое исследование многих термодинамических (преимущественно осцилляционных в квантовых магнитных полях) и кинетических свойств, в том числе гальваномагнитных, резонансных для произвольного вида электронного спектра, и показали, какую информацию о структуре поверхности Ферми можно извлечь из тех или иных экспериментов. Одним из первых в этом списке стал предсказанный М.Я. Азбелем и Э.А. Канером циклотронный резонанс в условиях аномального скин-эффекта, т.е. когда длина свободного пробега электрона много больше радиуса ларморовской орбиты электрона в магнитном поле, который, в

свою очередь, много больше глубины скин-слоя, а также открытый экспериментально М.С. Хайкиным резонанс на так называемых "скачущих траекториях", прижатых магнитным полем к поверхности образца. Большое количество экспериментальных данных такого рода получено Н.Е. Алексеевским, Ю.П. Гайдуковым, В.Ф. Гантмахером, М.С. Хайкиным, В.С. Эдельманом и др.

Приведенный список направлений и достижений советской (российской) физики ни в коем случае не может претендовать на полноту. Это, скорее, лишь некоторые иллюстрации к более общей картине, представленной в юбилейных выпусках журнала *Успехи физических наук* с 1944 по 1987 годы. Существует еще немало достижений, не уступающих упомянутым выше. В качестве примера приведем так называемый метод Хартри–Фока, один из основных методов приближенных расчетов квантовых систем, содержащих более чем одну частицу, который служит исходным приближением для большинства многочастичных проблем, а также методы получения сильных (до 300 кГс) магнитных полей, разработанные П.Л. Капицей, и сверхсильных (до 20 МГс) полей методом взрывного сжатия магнитного потока, предложенным А.Д. Сахаровым и А.И. Павловским. Несомненно, следовало бы назвать и такое уникальное явление, как всеобъемлющий курс теоретической физики Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица, переведенный на многие языки.

Астрономия

Как самая древняя из точных наук астрономия развивалась в Российской академии наук на протяжении всей ее истории. Основатель академии Петр I сам производил закупки астрономических инструментов в европейских странах. Первая астрономическая обсерватория располагалась в башенной части здания Кунсткамеры в Санкт-Петербурге. Большое внимание астрономическим наблюдениям уделял М.В. Ломоносов; широко известно его открытие атмосферы вокруг Венеры во время ее прохождения по диску Солнца в 1762 г. Из государственных задач по картографированию территории страны, точному определению времени, обеспечению морской навигации возникла потребность в создании Главной астрономической обсерватории, которая и была основана на Пулковской горе под Санкт-Петербургом в 1838 г. Трудями ее создателя и первого директора В.Я. Струве, проводившего многолетние и высокоточные наблюдения положений и моментов прохождения звезд, были созданы не только первоклассные звездные каталоги, принесшие Пулковской обсерватории во второй половине XIX столетия заслуженную славу "астрономической столицы мира", но и научная школа, ставшая первоначально известной своим астрометрическими, а впоследствии и астрофизическими исследованиями.

С начала XX в., особенно после революции, большое внимание Академия наук уделяла развитию наблюдательной базы астрономии. В конце 20-х годов для Симеизского отделения Пулковской обсерватории был закуплен в Англии телескоп с зеркалом диаметром 1 м, который был разрушен во время оккупации Крыма фашистами. После войны создается Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР (в настоящее время она

перешла в собственность Украины). В 1961 г. там установили крупнейший в СССР и третий в мире телескоп им. академика Г.А. Шайна с зеркалом диаметром 2,6 м. В 1964 г. была основана Специальная астрофизическая обсерватория, оснащенная крупнейшим в мире 6-метровым оптическим телескопом и радиотелескопом РАТАН-600. Следует также отметить создание двух 22-метровых радиотелескопов в Пуццино и Симеизе, а также строительство комплекса "Квазар", состоящего из трех 32-метровых радиотелескопов. Наблюдения на одном из них уже начаты. Был построен ряд телескопов для наблюдения Солнца, в том числе башенный солнечный телескоп в Крымской астрофизической обсерватории с зеркалом диаметром 90 см, который является одним из крупнейших в мире, а также комплекс радиотелескопов для наблюдения Солнца в Иркутске.

Рассказ о достижениях отечественной астрономии начнем с исследований Солнечной системы. Большой вклад в решение проблемы ее происхождения внесли О.Ю. Шмидт и его ученики, обосновавшие гипотезу формирования планет из газо-пылевого облака. Предложенный В.С. Сафроновым механизм образования планет сейчас общепризнан в мире. А.М. Фридман и Н.Н. Гарькавый исследовали и предсказали расположение спутников Урана, что впоследствии было подтверждено космическими наблюдениями. В.С. Троицкий на основе радионаблюдений Луны установил, что ее поверхностный слой твердый, а не пылевой, как предполагали ранее. Это заключение полностью подтвердилось при посещении нашего естественного спутника космическими аппаратами и астронавтами. А.М. Фридман с сотрудниками показали, что образование Луны вследствие откола части Земли в результате столкновения с неким космическим телом невозможно, поскольку столкновение привело бы к существенному изменению земной орбиты. Следует особо отметить пионерские работы по радиолокации Венеры, выполненные под руководством В.А. Котельникова, которые позволили уточнить орбиты планет.

Переходя к исследованиям звезд, прежде всего упомянем о работах Г.А. Шайна и О. Струве по первому определению их вращения. Г.А. Шайн также обнаружил огромный избыток изотопа углерода ^{13}C в атмосферах углеродных звезд по сравнению с Солнцем. Э.Р. Мустель и М.Е. Боярчук впервые показали, что оболочки новых звезд имеют избыток СНО элементов, что чрезвычайно важно для понимания природы их вспышек. А.М. Черепашук установил, что звезды Вольфа–Райе — результат эволюции массивных звезд — являются гелиевыми. А.В. Тутуков с сотрудниками показали, что в конце эволюции тесных двойных звезд их компоненты вследствие излучения гравитационных волн могут слиться в одну звезду.

Большой успехов добились российские астрономы в изучении нестационарных звезд. В 40-х гг. В.В. Соболев разработал теорию движущихся оболочек звезд, которая послужила основой для анализа их спектров. Эта теория помогала также установить, что симбиотические звезды, содержащие в спектре весьма противоречивые характеристики холодной и горячей плазмы, являются двойными системами. Н.И. Шакура и Р.А. Сюняев рассмотрели дисковую аккрецию в двойных системах. Д.В. Бисикало и другие построили трехмерную модель обмена в двойных системах. По инициативе П.П. Паренаго и

Б.В. Кукаркина создан и непрерывно обновляется "Общий каталог переменных звезд".

В 1938 г. Л.Д. Ландау предложил первую физическую модель нейтронной звезды. Впоследствии существование таких звезд было подтверждено. Были открыты пульсары — быстро вращающиеся нейтронные звезды. Я.Б. Зельдович со своими учениками И.Д. Новиковым, Р.А. Сюняевым и др. показали, что при аккреции вещества на нейтронную звезду или черную дыру должно испускаться мощное рентгеновское излучение. Оно было зарегистрировано во время внеатмосферных наблюдений. Сейчас установлено, что большинство известных рентгеновских объектов является двойными звездами. В.С. Имшенник и Д.К. Надежин разработали модель взрыва сверхновых звезд с учетом нестационарного высвечивания оболочки. И.М. Гордон, В.Л. Гинзбург и И.С. Шкловский указали на важность синхротронного излучения для объяснения свечения космических объектов в большом диапазоне длин волн. И.С. Шкловский предложил модель одного из интереснейших объектов — "Крабовидной туманности" и метод определения расстояния до планетарных туманностей.

В послевоенные годы Г.А. Шайн открыл большое число диффузных туманностей, а И.С. Шкловский показал, что в таких туманностях должны наблюдаться запрещенные линии водорода с длиной волны 21 см, что впоследствии было подтверждено наблюдениями. Н.С. Кардашев рассчитал возможность наблюдений радиолиний при переходах между очень высокими атомными уровнями, и эти линии были зарегистрированы. С.Б. Пикельнер первым показал, что волокнистая структура остатков сверхновых звезд есть результат высвечивания ударных волн.

Во многих работах исследовалось строение Галактики. В.А. Амбарцумян обнаружил скопления молодых звезд — звездные ассоциации, положив начало новому направлению в изучении проблемы звездообразования. Он также указал на важность ядер галактик для понимания их эволюции. В 1937 г. В.А. Амбарцумян установил, что возраст нашей Галактики составляет не 10^{13} лет, а всего 10^{10} , что полностью совпадает с современными оценками. А.М. Фридман с сотрудниками показали, что наряду с хорошо известными спиральными структурами в галактиках существуют циклонические вихри.

В 60–70 гг. Б.Е. Маркарян открыл семейство галактик с избытком излучения в синей области спектра, в которых происходят нестационарные явления. В 1965 г. Н.С. Кардашев, Л.И. Матвеев и Г.С. Шоломицкий предложили способ реализации радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами, позволяющий наблюдать радиоисточники с рекордным разрешением.

Большое внимание уделялось космологии. В 20-х гг. А.А. Фридман решил уравнения Эйнштейна и показал, что Вселенная должна находиться в состоянии расширения, что впоследствии полностью подтвердилось наблюдениями Э. Хаббла. Следует отметить цикл работ Я.Б. Зельдовича и его учеников, в частности модель ячеистой структуры Вселенной, а также работы А.Д. Линде и др. по инфляционной модели Вселенной. Я.Б. Зельдович и Р.А. Сюняев исследовали рассеяние реликтового излучения на горячих электронах скопления галактик. В 1972 г. Ю.Н. Парийский опубликовал первое наблюдение этого эффекта. Д.А. Варшавович с

сотрудниками исследовали межгалактические облака путем изучения линии поглощения в спектрах далеких галактик.

Обширный цикл работ посвящен физике Солнца. И.С. Шкловский построил модель горячей короны, в которой ионизация происходит под действием электронного удара. А.Б. Северный, Э.Р. Мустель и С.И. Сыроватский исследовали солнечные вспышки и пришли к заключению, что во время вспышек происходит перестройка локальных магнитных полей. С.Б. Пикельнер установил природу хромосферной сетки и супергрануляции. В.Л. Гинзбург показал, что радиоизлучение Солнца в метровом диапазоне возникает в короне. Это полностью подтвердилось во время наблюдения солнечного затмения в Бразилии. В.Л. Гинзбург и В.В. Железняков выполнили цикл теоретических исследований радиоизлучения спокойного и активного Солнца; было указано на важность синхротронного излучения. В.В. Железняков успешно разрабатывал теорию циклотронного излучения в карликовых звездах, вместе с А.А. Литвинчуком исследовал роль индуцированных процессов в образовании аннигиляционных линий в спектрах космических источников.

Появление искусственных космических аппаратов открыло новые возможности для излучения небесных объектов, прежде всего Луны, планет и околоземного пространства. В нашей стране получено много приоритетных результатов: впервые сфотографированы обратная сторона Луны, панорамы поверхности Луны и Венеры, доставлены образцы лунного грунта на Землю. На основе их анализа возраст Луны определен в 4,5 млрд лет. Несколько серий аппаратов, направленных к Венере, позволили получить карту ее поверхности, детально исследовать состав и динамику атмосферы; впервые были запущены аэростаты в атмосфере другой планеты. В 70–80-х гг. космические аппараты проводили исследование Марса и его спутника Фобоса. Было произведено картирование их поверхности, изучена атмосфера Марса. Много аппаратов исследовали околоземное пространство и влияние солнечной активности на земную магнитосферу; здесь следует отметить открытие радиационных поясов Земли. В ходе нескольких миссий, наиболее значительная из которых "Коронас-И", исследовалось Солнце.

В 1986 г. был проведен интересный космический эксперимент: два советских аппарата "Вега" вместе с космическими аппаратами других стран пролетели в непосредственной близости от кометы Галлея. Это дало возможность впервые детально изучить структуру и состав ядра кометы, пылевую и газовую составляющие комы. Ее газовые составляющие исследовались также с помощью астрофизической станции "Астрон".

В 80-х годах были запущены две астрофизические станции — "Астрон" и "Гранат", которые проработали свыше восьми лет. На первой из них выполнены абсолютные измерения в ультрафиолетовой области большого числа звезд, на второй — исследовалось рентгеновское излучение многих нестационарных объектов. В частности, был открыт источник GRS 1915+105, который, как показали позднее радионаблюдения, имеет видимые сверхсветовые скорости движения облаков плазмы. Целый ряд приборов использовался для регистрации гамма-всплесков, т.е. кратковременных выделений огромного количества энергии в жестком диапазоне.

Предназначенная для регистрации гамма-всплесков аппаратура "Конус" была установлена на многих советских аппаратах, а также на американском спутнике "Винд". На спутнике "Реликт" впервые проводились обзорные наблюдения яркости реликтового фона.

Космические эксперименты всегда осуществлялись на основе широкой внутрисоюзной и международной кооперации. Наряду с предприятиями отечественной промышленности активное участие в их проведении принимали институты Отделения общей физики и астрономии: Институт космических исследований, Физический институт им. П.Н. Лебедева, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе и др.

* * *

В этом кратком и неизбежно неполном очерке достижений отечественной физики и астрономии сделана

попытка показать, какой существенный вклад внесли ученые нашей страны в развитие этих областей науки. Минувший век был без преувеличения веком физики и астрономии. Вклад физиков в формирование облика современной цивилизации на рубеже нового тысячелетия трудно переоценить. Астрономия сумела дать ответы на многие вопросы о происхождении, строении и эволюции Вселенной — те вопросы, которые всегда волновали и продолжают волновать человека. Достижения российских физиков и астрономов общепризнаны в мире, отмечены Нобелевскими премиями, многими премиями и медалями зарубежных академий, международных научных организаций и обществ.

Встречая 275-летний юбилей Академии наук, хочется верить, что наступает все большее понимание того, что славные традиции российской науки должны быть сохранены, а ее достижения приумножены.