

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

53(47)

К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ СОВЕТСКОЙ ФИЗИКИ

В этом году советский народ отмечает славную годовщину — семидесятилетие Великой Октябрьской социалистической революции. Октябрьская революция дала мощный толчок экономическому и культурному развитию нашей страны. За годы Советской власти страна превратилась в могучую индустриальную державу. Быстрыми темпами развивалась наука. В настоящее время в стране более 5 тысяч научных учреждений, в которых работают около 4,5 млн. человек. На развитие науки выделяется 5 процентов национального дохода — около 30 млрд. рублей.

В преддверии юбилея естественно оглянуться на пройденный путь, отметить достигнутое. Советским физикам есть чем гордиться. Им принадлежат открытия мирового значения, их работы внесли важный вклад в укрепление экономического и оборонного могущества нашей страны.

В этой статье дан краткий обзор развития советской физики за последние десять лет. Предшествующий период этого развития освещен в статьях, опубликованных в октябрьских номерах нашего журнала за 1967 и 1977 гг.

Прошедшее десятилетие принесло новые достижения в изучении космического пространства. Важную роль в этом изучении играют искусственные спутники Земли и космические станции; их использование началось с запуска первого советского спутника тридцать лет назад.

Наиболее впечатляющее событие последних лет в этой области — успех проекта «Вега». Космические станции «Вега-1» и «Вега-2» подошли на очень близкое — по космическим масштабам — расстояние 8 тыс. километров к таинственному небесному телу — комете Галлея. Было сфотографировано ядро кометы, изучены электромагнитные процессы и потоки частиц в окрестности кометы, определен химический состав ее вещества. Были успешно преодолены многочисленные технические трудности, включая проблему точного наведения камер на ядро кометы и проблему защиты аппаратуры от ударов метеоритных частиц в окрестности кометы.

Проект «Вега» служит ярким примером международного научного сотрудничества. На станциях «Вега» находятся научные приборы девяти стран. Данные, которые были получены этими аппаратами при полете к ядру кометы, были использованы для наведения европейского космического зонда «Джотто».

Советская наука занимает лидирующее положение в исследовании планеты Венера. Данные, полученные космическими станциями «Венера», в том числе с помощью спускаемых на планету аппаратов, позволили установить климатические условия на Венере, ее химический состав. Космические станции «Венера-15 и 16» радиолокационным методом с высокой точностью определили рельеф поверхности планеты. На первой стадии полета космических аппаратов «Вега» на планету был спущен баллон, за движением которого в атмосфере следили станции многих стран мира.

В эксперименте «Конус» на космическом аппарате были установлены детекторы γ -излучения, которые обнаружили вспышки этого излучения,

имеющие космическое происхождение. Обнаружены линии, соответствующие, по-видимому, циклотронному излучению в окрестностях нейтронных звезд.

На установке «Реликт» снята карта яркости неба в реликтовом излучении на волне 8 мм. Измерена скорость движения Земли относительно этого излучения и даны оценки величины его флуктуации.

Получены первые результаты на международной обсерватории «Рентген» на модуле «Квант» в составе орбитальной станции «Мир», на которой, кроме советских, стоят научные приборы из Англии, Голландии, ФРГ и Европейского космического агентства. Снята рентгеновская карта Большого Магелланова облака, ведется наблюдение за районом, где недавно произошла вспышка сильнейшей сверхновой звезды.

В совместном Советско-Чехословацком проекте «Интершок» исследованы бесстолкновительные ударные волны в плазме околоземного пространства.

Уже обсуждаются проекты очень интересных будущих исследований. Среди них — полет беспилотного зонда на Марс с доставкой образцов марсианского вещества на Землю и даже полет человека на эту планету.

Большие возможности для дальнейшего освоения космического пространства открывает создание мощной ракетной системы «Энергия», которая была недавно успешно испытана.

Успехи астрофизических исследований из космоса не означают ни в коей мере понижения роли наземных астрономических наблюдений. Для таких наблюдений в нашей стране созданы крупнейшие в мире оптический телескоп БТА и радиотелескоп «РАТАН-600». В 1984 г. вступил в строй Сибирский солнечный радиотелескоп, обладающий разрешением до $20''$ на волне 5,2 см. Важный прогресс достигнут в последние годы в понимании процесса эволюции Вселенной. Подтверждена гипотеза об ячеисто-сетчатом распределении галактик с характерным размером пустых областей порядка 30—35 Мпс.

Главное достижение физики элементарных частиц последнего десятилетия — открытие W- и Z-бозонов, сделанное в ЦЕРНе в 1983 г. Это открытие стало возможным благодаря созданию протонно-антипротонного коллайдера, идея которого 20 лет тому назад была высказана в нашей стране. Такой же коллайдер еще большей энергии вступил в строй в США. В этом году первые Z-бозоны произведет электронно-позитронный коллайдер в США, а через два года в ЦЕРНе. В нашей стране до конца этого десятилетия подобных машин, способных производить W- и Z-бозоны, не будет. И это — несомненное отставание, которое необходимо ликвидировать.

Советские физики вели эксперименты в области физики высоких энергий, в первую очередь, на Серпуховском ускорителе, где, в частности, был открыт ряд новых мезонов. Особый интерес представляет открытие мезона с рекордно большим значением спина, равным 6, и мезонов, которые, по-видимому, экзотические, т. е. состоят не из кварка и антикварка, а из двух кварков и двух антикварков или (в другом случае) из двух глюонов.

На встречных электронных пучках в Новосибирске был поставлен рекорд точности в измерении масс ипсилон-мезонов с помощью метода резонансной деполяризации.

Несколько советских экспериментальных групп вели исследования на зарубежных ускорителях высоких энергий в составе больших международных коллективов. Из полученных ими результатов следует, в первую очередь, отметить открытие взаимопревращений B - и \bar{B} -мезонов, происходящих в вакууме. Это открытие было сделано на установке АРГУС в лаборатории встречных электронно-позитронных пучков ДЕЗИ (ФРГ). Следует также отметить выполненное на установке ЧАРМ в ЦЕРНе измерение сечения нейтральных нейтринных токов, позволяющее рекордно точно определить важный параметр электрослабой теории — угол Вайнберга. Полное согла-

сие с теорией дал эксперимент по измерению лептонных распадов Σ -гиперонов, сделанный в Батавии (США) с помощью оригинальной установки, созданной советскими физиками.

Ряд важных открытий, относящихся к слабым процессам с несохранением пространственной четности, сделан в различных институтах страны в опытах при низких энергиях. В частности, открыты резонансное усиление несохранения четности при взаимодействии быстрых нейтронов с ядрами и P-нечетная асимметрия разлета осколков при делении ядер урана и тория, инициированном поляризованными нейтронами. Был открыт поворот поляризации света при прохождении лазерного луча через пары атомарного висмута, что доказало существование слабого нейтрального электронного тока. Рекордно низкий верхний предел был получен с помощью ультрахолодных нейтронов для величины электрического дипольного момента нейтрона.

Сенсацию вызвало в 1980 г. сообщение о том, что тщательное измерение спектра электронов от β -распада трития указывает на наличие у нейтрино ненулевой массы порядка нескольких десятков электрон-вольт. В настоящее время аналогичные эксперименты ведутся примерно в двух десятках институтов в различных странах. Однако окончательного подтверждения или опровержения этого результата пока нет. Две группы в Ровно и Москве измеряли потоки нейтрино, идущих от реакторов, и опровергли сообщение о наличии нейтринных осцилляций, сделанное ранее французскими физиками.

Существенное продвижение было достигнуто в осуществлении реакций синтеза легких ядер с помощью мюонного катализа. Продолжались работы по синтезу новых элементов, в частности были синтезированы изотоп 108-го элемента и 110-й элемент.

Ряд важных результатов был получен в подземных низкофоновых лабораториях (на Баксане, в Артемовске и на совместном советско-итальянском детекторе в туннеле под Монбланом). Были установлены новые верхние пределы при поисках таких экзотических объектов и явлений, как реакции с несохранением электрического заряда, осцилляции нейтрино, пролетающих сквозь земной шар, магнитные монополи, двойной β -распад. Особый интерес вызвали сообщения о наблюдении нескольких нейтринных событий, предшествовавших вспышке сверхновой 23 февраля 1987 г. Успешно осуществляется создание галлиево-германиевого детектора для регистрации основного потока солнечных нейтрино. Особый интерес к этой программе придает теоретическое предсказание, сделанное в 1985 г. советскими теоретиками, согласно которому электронные нейтрино, идущие из центральной области Солнца, могут испытывать в солнечном веществе резонансное превращение в другие типы нейтрино (например, в мюонное нейтрино).

В теоретическом плане последнее десятилетие ознаменовалось окончательным утверждением так называемой стандартной модели сильного и электрослабого взаимодействий, основанной на калибровочной группе $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$.

В теории сильного взаимодействия — квантовой хромодинамике — основная нерешенная проблема — это выяснение механизма невылетания кварков и глюонов и создание количественных методов расчета свойств адронов и сечений их взаимодействий. Статические свойства адронов (их массы, магнитные моменты и т. п.) удастся вычислить на основе созданных советскими физиками-теоретиками квантовохромодинамических правил сумм. Важную роль в этом и других подходах играет введенное ими квадратичное вакуумное среднее глюонного поля — так называемый глюонный конденсат.

Модели великого объединения сильного и электрослабого взаимодействий пока не подтверждены экспериментально, но советские теоретики внесли существенный вклад в разработку этих моделей. Ими предсказано, что в рамках этих моделей должны существовать сверхтяжелые магнитные монополи, которые при столкновении с протонами должны эффективно катализировать превращение протонов в позитроны.

Большие надежды связываются с суперсимметрией, выдвинутой впервые в нашей стране и разрабатываемой в настоящее время во всем мире. На основе суперсимметрии предполагается осуществить суперобъединение электро-слабого и сильного взаимодействий с гравитационным. Особенно большие усилия в последние годы направлены на разработку так называемых суперструн с характерными размерами порядка планковской длины (10^{-35} см). Модели суперструн указывают на то, что на таких малых расстояниях должны существенно проявиться шесть дополнительных пространственных измерений, которые, в отличие от обычных четырех измерений: t, x, y, z , компактифицированы. Модели суперструн были выдвинуты впервые за рубежом, они активно разрабатываются в ряде институтов нашей страны. В связи с суперструнами дополнительный интерес приобрели исследования советских теоретиков по двумерным точно решаемым квантово-теоретикополевым моделям.

В связи с центральной ролью, которую играют в современных теоретических построениях планковские масштабы длины и энергии, за последнее десятилетие с особой четкостью проявилась теснейшая связь и взаимозависимость физики элементарных частиц и космологии. Советским теоретикам принадлежит ряд пионерских идей на стыке этих наук, особенно относящихся к теории инфляционной стадии ранней Вселенной.

Широким фронтом в Советском Союзе ведутся исследования свойств плазмы, связанные, в первую очередь, с программой управляемых термоядерных реакций. Советскими учеными проведены исследования по выработке наиболее оптимальных вариантов осуществления управляемого термоядерного синтеза. Эти усилия привели к разработке направления «Токамак» — наиболее перспективного для создания термоядерного реактора. Уже более десяти лет проводятся исследования горячей плазмы на самом крупном советском токамаке Т-10. Используя разработанные советскими радиофизиками мощные источники электромагнитного излучения — гиротроны, удалось на этой установке достичь температуры электронов в сто миллионов градусов.

Успешная работа первого в мире токамака со сверхпроводящими обмотками Т-7 позволила перейти к следующему шагу — созданию крупной сверхпроводящей установки «Токамак-15» с объемом плазмы около 25 м^3 . На этой установке предполагается достигнуть температуры и плотности плазмы, необходимых для термоядерного реактора.

Параллельно с Т-15 создается установка с сильным магнитным полем ТСП, на которой можно будет проводить эксперименты с дейтерий-тритиевой плазмой.

Программа «Токамак», успешно развиваемая во всем мире, дает научную основу для разработки термоядерных реакторов такого типа. В нашей стране разрабатывается проект опытного реактора ОТР. Очень полезным оказалось здесь международное сотрудничество в рамках МАГАТЭ. Такое объединение усилий, направленных на овладение новым — практически неисчерпаемым — источником энергии на благо всех народов, было осуществлено по инициативе Советского Союза.

Проводятся поисковые исследования по ряду других перспективных направлений управляемого термоядерного синтеза. Из работ по системам с магнитным удержанием плазмы следует упомянуть стеллараторы и зеркальные магнитные ловушки.

Советские ученые активно разрабатывают также проблему инерциального удержания плазмы. Важнейшим направлением здесь является лазерный термоядерный синтез. Его идея была выдвинута советскими учеными. Они же провели пионерские теоретические и экспериментальные работы, которые показали возможность успешного продвижения в этом направлении.

Другая система инерционного удержания плазмы осуществлена в установке «Ангара-5», где возможно осуществлять быстрый нагрев малых плотных мишеней прямым подкопом электрической мощности до 12 тераватт.

Широкие исследования по управляемому термоядерному синтезу привели к рождению новой ветви физики — физики высокотемпературной плазмы. Советскими учеными была развита теория бесстолкновительной плазмы, основанная на описании колебаний и шумов в такой плазме как коллективных процессов в самосогласованных электромагнитных полях. В результате удалось дать качественное, а во многих случаях и количественное, объяснение наблюдаемых в эксперименте явлений, в том числе явлений, происходящих в космической плазме. Многие идеи, концепции и методы, первоначально развитые в физике плазмы, нередко в связи с совершенно конкретными плазменными установками, в дальнейшем получили общезначимое значение. Достаточно упомянуть идею слабой турбулентности и ее описание цепочкой кинетических уравнений, понятие бесстолкновительной ударной волны, диффузию электронов в магнитном поле с разрушенными магнитными поверхностями. Физика плазмы дала сильный импульс развитию теории солитонов и теории динамического хаоса. Эти теории превратились за последнее десятилетие в самостоятельные разделы теоретической и математической физики. Большой вклад в создание этих разделов внесли советские ученые.

Распространение идей коллективных взаимодействий на гравитирующие системы привело, также при активном участии советских ученых, к появлению новых представлений о динамике звездных систем и галактик.

Развитие фундаментальной физики плазмы и усовершенствование экспериментальной техники существенно продвинуло прикладные плазменные исследования. В настоящее время развит целый ряд плазменных и плазменно-химических технологий для металлургии и нефтехимии. В нашей стране созданы и используются мощные МГД-генераторы, как импульсно-взрывные, так и стационарные. Советскими учеными разработаны надежные плазменные реактивные двигатели, использующие поток плазмы в качестве реактивной струи. Эти двигатели находят применение на космических аппаратах и в технологических целях.

Современная физика плазмы — это широко разветвленная и бурно развивающаяся область физики наших дней. Советская наука занимает прочные позиции как в фундаментальных исследованиях, так и во многих прикладных направлениях.

Самая крупная и обширная область современной физики — это, пожалуй, физика твердого тела. Ей отдается от 50 до 70 процентов численности людей и материальных ресурсов, выделяемых физике в стране. Она имеет выходы во все направления техники.

Важные и неожиданные результаты были получены при исследовании квантовых поправок к обычной теории электропроводности. Оказалось, что интерференция электронных волн приводит к ряду новых явлений, в частности, к квантовым осцилляциям сопротивления в зависимости от величины магнитного потока. Этот эффект был экспериментально обнаружен также в нашей стране. Оказалось, что с учетом этих эффектов флуктуации сопротивления образца не убывают с ростом его размеров, что привело к выделению новой ветви физики твердого тела — «мезоскопии» — физики объектов с размерами порядка $100\text{--}1000 \text{ \AA}$, свойства которых чувствительны к детальному расположению дефектов.

Значительный прогресс достигнут при изучении прыжковой проводимости в полупроводниках, в особенности в связи с выяснением роли кулоновской щели и переноса носителей по отрицательным донорным и положительным акцепторным центрам.

Созданы новые типы гетероструктур, включая квантовые ямы и сверхрешетки на основе полупроводников $A^{III}B^V$ и $A^{IV}B^{VI}$, а также высококачественные кремниевые МДП (металл — диэлектрик — полупроводник)-структуры. Они явились основой для постановки многочисленных физических экспериментов, а также для технических приложений.

Одним из важнейших событий в физике твердого тела за последние годы явилось открытие квантового эффекта Холла. Это открытие было сделано за рубежом, однако советские ученые внесли важный вклад в его исследование. Было предсказано и обнаружено квантование фарадеевского вращения, обнаружен дробный квантовый эффект Холла в кремниевых МДП-структурах.

Спектроскопия экситонов и электронных комплексов традиционно представляет собой область активной работы советских ученых. В последние годы доказано существование новых квазичастиц — фоноритонов — в экситонной области спектра при сильной накачке. Изучены добавочные световые волны. Граница существования электронно-дырочной жидкости в кристаллах продвинута в область более высоких температур. Открыты биэкситоны в кремнии. Исследованы многоэлектронные примесные комплексы, подтверждена оболочечная модель их строения.

Исследована бистабильность вблизи края экситонного поглощения и обнаружены высокие скорости «переключения» в таких системах, связанные с высокой скоростью рассеяния зонных электронов и высвечивания примесных.

Открыто новое явление — магнитопримесные осцилляции фотопроводимости полупроводников, ставшее методом спектроскопии примесных центров и измерения релаксационных времен в них.

Значительный прогресс был достигнут в физике горячих электронов. Изучение поведения дырок в скрещенных электрическом и магнитном полях показало существование для них «ловушек» в импульсном пространстве, где может возникать инверсия заполнения. На основе этого эффекта созданы лазеры дальнего ИК диапазона.

Принципиальное значение имеет открытие охлаждения носителей в сильном электрическом поле, связанное с одновременным действием нескольких механизмов рассеяния.

Развивались исследования оптической ориентации электронов и экситонов в полупроводниках. К числу достижений здесь относится глубокое охлаждение ядерных спинов за счет взаимодействия с ориентированными электронными спинами и выстраивание электронов по импульсам. Люминесценция выстроенных горячих носителей позволила измерять времена релаксации в фемтосекундном диапазоне.

Другой метод измерения времен энергетической и междолинной релаксаций был развит на основе анизотропных размерных эффектов. Их изучение позволило создать новые типы чувствительных полупроводниковых датчиков.

Значительные успехи достигнуты в понимании сильного электрон-фононного взаимодействия. Установлено, что в веществах типа полиацетилена существуют квазичастицы нового типа — топологические солитоны, которые могут быть носителями заряда, в том числе и дробного, причем статистика квазичастицы не определяется ее спином. Теория, основанная на этой концепции, описывает обширный экспериментальный материал. Развита теория безызлучательного захвата электронов и экситонов с испусканием большого числа фононов. Экспериментально установлено, что в ряде полупроводников, где связь зонных электронов с фононами слабая, электроны глубоких уровней связаны с решеткой сильно.

Большие успехи достигнуты в изучении дислокаций в полупроводниках. Найден энергетический спектр электронов на дислокации. Экспериментальное открытие комбинированного резонанса на дислокациях позволило убедительно продемонстрировать зонный механизм переноса электрона вдоль реконструированных дислокаций.

Существенным достижением стало обнаружение фотогальванического эффекта в сегнетоэлектриках и полупроводниках и построение его теории. Явление состоит в возникновении фототоков при пространственно-однород-

ном поглощении света. Эти токи зависят от поляризации света. Эффект нашел применение при изучении зонной структуры и в голографии.

В области аморфных систем интересно создание модели «мягких» потенциалов, дающей описание стекол в широком диапазоне температур.

Советские физики активно участвуют в создании теории недавно открытых «квазикристаллов», обладающих симметрией, недопустимой с точки зрения «классической» кристаллографии.

Весьма интересным является также вопрос о существовании магнитных тел, у которых в точке перехода возникает не ферромагнитный или антиферромагнитный момент, а так называемый «тороидальный».

В конце 1986-го — начале 1987 г. было сделано важное открытие в области сверхпроводимости, может быть, — важнейшее открытие в физике за последние годы. Были созданы сверхпроводники с высокой температурой сверхпроводящего перехода — сначала, около 40 К, а затем около 90 К *). Тем самым был преодолен «азотный барьер» — сверхпроводимость существует теперь при температурах выше температуры кипения жидкого азота. Это открывает широкие — и до настоящего времени еще не полностью осознанные — перспективы применения сверхпроводников в науке и технике. Советские ученые много занимались проблемой высокотемпературной сверхпроводимости, однако открытие было сделано за рубежом. В настоящее время наши физики активно включились в теоретическое и экспериментальное изучение новых сверхпроводников, свойства которых до настоящего времени не имеют полного объяснения.

Важный вклад внесли советские теоретики в изучение веществ с носителями типа «тяжелых фермионов». Сверхпроводимость таких веществ носит, по-видимому, особый характер.

Большое развитие в последние годы во многих странах получили исследования при сверхнизких — порядка 1 мК — температурах. Важнейшим объектом таких исследований является сверхтекучий ^3He , обладающий одновременно свойствами сверхтекучей жидкости, магнетика и жидкого кристалла. Существовавшее в нашей стране в этой области отставание в настоящее время преодолено. Был получен сверхтекучий ^3He и исследованы его магнитные свойства, причем обнаружен интересный эффект скачка фазы магнитной прецессии. Теоретические исследования сверхтекучего ^3He ведутся у нас на высоком уровне. Применение топологических методов позволило изучить особенности параметра порядка и построить теорию вращения ^3He , подтверждающуюся в совместных советско-финляндских экспериментах.

Продолжались исследования низкотемпературных квантовых кристаллов. Было открыто явление атомной шероховатости кристаллов сверхтекучего ^4He . Интересные результаты получены при изучении квантовой диффузии в этих кристаллах.

Последнее десятилетие характеризуется очень высоким темпом фундаментальных и прикладных исследований в области квантовой электроники, лазерной физики и оптики.

Быстро развивались исследования и разработки лазеров новых типов. Советским ученым принадлежит приоритет в создании нового поколения твердотельных лазеров (на активированных кристаллах и стеклах), обладающих высокими к. п. д., позволяющих перекрыть неосвоенные ранее области спектра (в частности, в среднем инфракрасном диапазоне), плавно перестраиваемых по частоте.

Успешно развивались оригинальные работы по полупроводниковым лазерам (лазеры на новых гетероструктурах, инжекционные лазеры), эксимерным лазерам, мощным газовым лазерам высокого давления, химическим лазерам на цепных реакциях. Выполненные в СССР работы по лазерным

*) Подробнее об этом открытии см. УФН. 1987. Т. 152. С. 553, 575.

стандартам частоты позволяют подойти к осуществлению стабильности частоты $\sim 10^{-16} \div 10^{-17}$ *).

В последнее десятилетие особенно ярко проявилась плодотворность новых методов, новых подходов, которые принесли квантовая электроника и лазерная физика в другие разделы физики, в смежные области естествознания и технику.

Радикально изменился облик оптики; возник широкий спектр новых проблем, многие из которых далеко выходят за рамки физической и прикладной оптики в их традиционном понимании.

Быстро прогрессирует физика воздействия сильного светового поля на вещество.

К существенным новым физическим и прикладным результатам привели работы по многофотонному возбуждению и диссоциации многоатомных молекул. Были поняты механизмы стохастизации вынужденных колебаний в сильно-возбужденных многоатомных молекулах; полученные результаты позволили по-новому взглянуть на перспективы лазерной химии, лазерного синтеза веществ.

Советскими физиками были выполнены пионерские работы по лазерному отжигу полупроводников — быстрой и высококачественной лазерной рекристаллизации аморфизированных в результате ионной имплантации или других причин приповерхностных слоев полупроводников. Эти исследования стимулировали весьма результативные работы по лазерно-индуцированным фазовым переходам в полупроводниках, происходящим в нано-, пико- и даже субпикосекундном масштабах времени, физике быстрых релаксационных процессов в полупроводниках. Вместе с успешно развивающимися в нашей стране уже около 20 лет работами по воздействию мощного излучения на металлы (в последние годы важные новые результаты были получены здесь при исследовании взаимодействия излучения с периодическими поверхностными структурами, в том числе структурами, наведенными самим лазерным полем), перечисленные исследования составляют физическую основу лазерной технологии — несомненно, одного из важнейших приложений лазеров. Последнее десятилетие отмечено рядом серьезных достижений в этой области. Дальнейшее развитие получили работы по нелинейной оптике. Усилиями многих коллективов в нашей стране созданы высокоэффективные нелинейно-оптические преобразователи частоты (умножители частоты, параметрические генераторы и т. п.), перекрывающие диапазон от вакуумного ультрафиолета до далекой инфракрасной области и широко используемые в физических и прикладных работах. Советским физикам принадлежат и важные достижения в разработке нелинейных материалов (скоростной рост воднорастворимых кристаллов, создание высокоэффективных кристаллов, выращиваемых из расплава).

Успешно развивалась в нашей стране нелинейная оптика волоконных световодов; были получены новые результаты в физике и технике формирования пико- и фемтосекундных лазерных импульсов. В работах советских физиков были впервые сформулированы основные принципы обращения волнового фронта (с использованием вынужденного рассеяния и четырехволнового смешения); в последнем десятилетии эти работы быстро развивались. Разработаны новые методы управления структурой световых пучков, голографии. Существенные результаты связаны с использованием в системах обращения волнового фронта, нелинейно-оптической обработки информации, динамической голографии новых нелинейных материалов — фоторефрактивных и жидких кристаллов. Вместе с тем, исследования нелинейного отклика этих необычных материалов принесли и много новых физических результатов.

*) Обзору достижений в квантовой электронике и лазерной физике посвящен специальный номер журнала УФН за 1986 г. — т. 148, вып. 1 (январь) и статьи в февральском и сентябрьском номерах, приуроченные к 25-летию создания лазера.

Исследование физики нелинейного отклика — неизменно актуальный раздел нелинейной оптики.

В последние годы успехи техники генерации мощных сверхкоротких световых импульсов (важные результаты в этом направлении были получены и в нашей стране) с напряженностью поля $\sim 10^{10} - 10^{11}$ В/см ставят в повестку дня опытную проверку положений нелинейной квантовой электродинамики.

Надо сказать, что значительный теоретический задел в этой важной области создан усилиями нескольких теоретических групп в нашей стране.

На переднем фронте находятся выполненные у нас в последнее десятилетие работы по лазерной спектроскопии, в частности по нелинейной лазерной спектроскопии. В работах по активной лазерной спектроскопии рассеяния света советскими учеными были сформулированы основные варианты этого нового метода, продемонстрированы его принципиальные преимущества в спектроскопии сверхвысокого разрешения и в особенности — в исследовании нестационарных и неравновесных сред (разряды, плазма, высоковозбужденные молекулы, полупроводники). Крупными достижениями отмечено развитие метода резонансной фотоионизационной спектроскопии. Достаточно сказать, что чувствительность этого метода находится сейчас на уровне регистрации одиночных атомов и молекул. В последние годы в нашей стране фотоионизационный метод был эффективно использован для исследования сверхтонкой и изотопической структуры спектральных линий атомов с короткоживущими ядрами.

В СССР был предложен и реализован метод внутривибрационной абсорбционной лазерной спектроскопии, позволяющий регистрировать весьма малые коэффициенты поглощения. Перестраиваемые полупроводниковые лазеры успешно внедрены в колебательную молекулярную спектроскопию высокого разрешения.

Быстро прогрессирует нелинейная лазерная спектроскопия поверхности: использование нелинейного отражения света позволило развить эффективные методы диагностики модификации поверхности. Новые результаты были получены и в разработанной впервые в нашей стране селективной спектроскопии сложных молекул.

Перспективными представляются новые возможности записи и обработки информации, основанные на фотовыжигании стабильных провалов в спектрах сложных молекул: речь идет, в частности, о новом типе оптической памяти — спектральной памяти.

В целом современный арсенал методов линейной и нелинейной лазерной, спектроскопии в огромной мере расширяет возможность оптической диагностики вещества. При этом во многих случаях речь идет об эффективном решении задач, еще недавно считавшихся вообще недоступными оптической технике (горячая плазма, взрывные процессы, быстрая модификация сложных молекул и регистрация одиночных атомов и молекул, поверхностных, монослоев и т.п.).

Последнее десятилетие отмечено усилением интереса к квантовой оптике — к генерации оптических полей, не имеющих классических аналогов, к поиску путей снижения квантовых флуктуаций светового поля. Существенные результаты в этих направлениях были получены советскими физиками в середине 60-х годов (генерация сжатых состояний и так называемых бифотонов в параметрических процессах); в последние годы развитие этих работ принесло новые результаты.

Успешно развивались исследования явлений, обусловленных когерентностью атомных и молекулярных состояний; эти работы были начаты в нашей стране в 60-х годах на атомах и в последние годы были перенесены на молекулярные ансамбли.

Существенные изменения в последние годы претерпела такая, казалось бы уже сложившаяся, область физики, как акустика. Теоретические и экс-

периментальные исследования рассеяния звука на звуке и других эффектов нелинейной акустики привели к разработке принципиально новых параметрических излучателей и приемников звука, имеющих многочисленные практические применения.

Отмеченные успехи советской физики не могут служить основанием для самоуспокоенности. Существуют перспективные научные направления, в которых мы отстаем, и это отставание не сокращается. Большие трудности встречает внедрение результатов фундаментальных исследований. В ряде случаев важные открытия были сделаны в нашей стране, а их реализация осуществлялась на Западе. Трагическая авария на Чернобыльской АЭС еще раз подчеркнула жизненную необходимость чрезвычайно ответственного отношения к крупномасштабному техническому использованию достижений науки.

На развитии советской физики не могли не сказаться застойные явления, проявившиеся в период, предшествующий апрельскому пленуму ЦК КПСС 1985 г. Развитие науки в значительной степени шло экстенсивным путем. Рост числа научных работников и числа публикаций не всегда соответствовал росту значимости полученных результатов. Качество производимых в стране приборов для научных исследований и техническое обеспечение многих научных институтов не достигает современного уровня.

Наши лаборатории оснащены вычислительной техникой и средствами автоматизации эксперимента заметно хуже, чем лаборатории на Западе. Эти недостатки могут и должны быть устранены в ходе происходящей в стране перестройки всех сфер жизни общества. На январском пленуме ЦК КПСС 1987 г. говорилось, что для того, «чтобы стать активной участницей перестройки, наука должна сама во многом перестроиться». Необходимо резкое увеличение темпов фундаментальных научных разработок, усиление их влияния на отраслевую науку и производство. Главное здесь, разумеется, — целеустремленный, с полной отдачей труд каждого ученого, всех научных коллективов, чтобы, в соответствии с Программой КПСС, советская наука заняла ведущие позиции по основным направлениям научно-технического прогресса.

Редакционная коллегия