

## НОВЫЕ РУБЕЖИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ В СОВЕТСКОЙ АРМЕНИИ

За время, прошедшее между XXIV и XXV съездами нашей партии, физики Армении поставили и решили ряд задач, имеющих первостепенное как теоретическое, так и практическое значение. Диапазон исследований по физике стал еще более широк и многообразен. Работы проводились как силами ученых республики, так и в творческом содружестве с физиками других научных центров нашей страны. Вместе с тем физики республики старались вести свои исследования так, чтобы они не явились повторением в меньших масштабах того, что делается в других местах нашего Союза, стремились к тому, чтобы их исследования имели свое собственное научное лицо и дополняли и расширяли общий фронт исследований, проводимых в СССР.

В старейшем в республике высшем учебном заведении, в Ереванском государственном университете, на физическом и недавно созданном радиофизическом факультетах разрабатывалась теория сверхплотных небесных тел, состоящих из вырожденной плазмы. Ранее было установлено, что при плотностях чуть выше ядерной плотности в плазме приобретают стабильность гипероны, а далее и барионные резонансы. В 1975 году было показано, что вдобавок к этому при плотностях, больших  $10^9$  г/см<sup>3</sup>, в атомных ядрах в качестве стабильных компонентов появляются отрицательные пионы, число которых может достигать до 10%. Проведены исследования по теории пульсаров. Доказано существование квазистационарной кольцеобразной магнитосферы вокруг вращающихся магнитных барионных звезд. Показано, что пульсары являются источниками частиц высоких энергий. Найден один из возможных механизмов генерации мощных магнитных полей в барионных звездах, обусловленный явлением сверхтекучести ядерного вещества.

Были проведены исследования быстро вращающихся белых карликов. Показано, что при неоднородном вращении возможно существование белых карликов с центральными плотностями на два порядка выше, чем в случае статических и твердотельно вращающихся звезд. В последние годы была разработана также теория равновесия и устойчивости самогравитирующей массы при наличии магнитного поля. Установлена возможность существования новой серии сфероидальных фигур равновесия.

Если вышеуказанные исследования имеют астрофизический и космогонический интерес, то в других лабораториях и кафедрах велись исследования, находящие прямое применение в народном хозяйстве.

В области физики твердого тела были изготовлены рентгеновские интерферометры, дающие возможность обнаружить и оценить чрезвычайно малые деформации — смещения порядка сотых долей межатомных расстояний. Изготовлено около 10 опытных образцов рентгеновских интерферометров, на которых ведутся научно-исследовательские работы. Спрос на такие приборы велик, так как с их помощью кроме деформаций можно ис-

следовать также вопросы сверхмонохроматизации рентгеновских лучей, рентгеновской голографии и др.

Создан прибор для визуализации рентгено топографических картин (наблюдение дислокаций на экране телевизора). Работающий первый образец этого прибора внедрен в промышленность. Намечается его серийное производство.

Разработана общая теория рентгеновских резонаторов. Открыто новое явление автофокусировки рентгеновских лучей. Созданы рентгеновские резонаторы, имеющие большое значение для проблемы накопления рентгеновских лучей.

В области квантовой электроники создана теория нелинейных резонансных явлений в газах. Теоретически предсказаны и экспериментально обнаружены такие новые явления, как поворот плоскости поляризации, ударное сжатие импульса, трехфотонное рассеяние и др.

Выращены большие бездефектные кристаллы йодата лития для удвоения частоты и параметрического усиления света. Созданы аппаратура и технология выращивания этого кристалла, которая внедрена в промышленность.

Разработаны и созданы лазеры на алюмо-иттриевом гранате непрерывного действия и на молекулярном азоте. Создан лазер на гранате квазинепрерывного действия с мощностью в несколько сот *ватт*. Разработаны и созданы акустооптические модуляторы света для внутррезонаторной модуляции лазерного излучения.

По физике полупроводников были проведены теоретические исследования электронного энергетического спектра полупроводников при наличии локального короткодействующего потенциала примеси. Исследованы вопросы перестройки энергетического спектра в целом в тонких квантованных полупроводниковых пленках, в многослойных периодических структурах, а также влияние нарушений идеальности, приводящих к появлению энергетических уровней в запрещенной зоне.

Велись исследования физических принципов организации молекул биологических и синтетических полимеров. Установлена решающая роль гидрофобных взаимодействий в стабилизации структуры ДНК, детально исследован характер взаимодействия растворитель — полимер.

Были выполнены работы по определению абсолютных значений оптической нелинейной восприимчивости третьего порядка в жидких кристаллах, исследовался коэффициент преобразования и диаграмма направленности звуковых волн, возбуждаемых светом, в сильнопоглощающей жидкости и др.

В Ереванском физическом институте ГКАЭ СССР продолжались ставшие традиционными исследования космических лучей на г. Арагац, исследования электромагнитных взаимодействий адронов на самом крупном в Союзе электронном ускорителе, теоретические исследования свойств элементарных частиц и их взаимодействий с веществом.

В области исследования космических лучей заметный прогресс был достигнут в создании впервые установки с использованием детекторов переходного излучения в сочетании с ионизационным калориметром. Иониза-

ионный калориметр определяет энергию первичной частицы, с помощью детекторов переходного излучения определяется отношение энергии к массе. В результате удается разделить поток пионов и протонов космических лучей с энергией выше 300 Гэв. Аналогичная методика была использована американскими учеными на год позже.

На большом ионизационном калориметре площадью 10 м<sup>2</sup> велись исследования неупругих взаимодействий адронов в диапазоне энергий 1.000—30.000 Гэв. Экспериментально изучены коэффициенты неупругости при столь высоких энергиях и другие важные для построения теории сильных взаимодействий характеристики.

Запущенная несколько лет назад на г. Арагац станция по изучению вариаций интенсивности космических лучей ведет непрерывную регистрацию мюонной и нейтральной компонент космических лучей; эти результаты включаются в общую систему мировых данных.

Из выполненных за последние пять лет на ускорителе экспериментальных работ в области физики элементарных частиц особо выделяется большой цикл работ по фоторождению заряженных и нейтральных пионов и эта-мезонов обычными (с энергией до 5 Гэв) и поляризованными (с энергией 3,0 Гэв) фотонами. Эти исследования были проведены на двухплечевой установке с большим магнитным спектрометром и детектором нейтральных частиц, содержащим черенковские счетчики из свинцового стекла. В экспериментах использовались как твердые мишени из различных веществ, так и жидководородная мишень. Результаты этих работ дали важную информацию о распределениях протонов и нейтронов в ядрах, о сечениях взаимодействия крайне нестабильных частиц с нуклонами ядра, о справедливости модели векторной доминантности.

Выполненные совместно с учеными Объединенного института ядерных исследований в г. Дубна и учеными из Румынии, Болгарии и ГДР исследования по упругому рассеянию электронов на протонах и дейтронах при малых передаваемых импульсах существенно увеличили точность измерений в этой области и позволили получить новые значения электромагнитных радиусов протона и дейтрона.

Ученые института были инициаторами и приняли участие в создании электронного пучка с энергией до 40 Гэв на Серпуховском протонном ускорителе ИФВЭ. Используя установки, разработанные и откалиброванные на Ереванском ускорителе, ученые института совместно с учеными ФИАН СССР и ИФВЭ в Серпухове провели на этом пучке измерения сечения полного поглощения адронами фотонов с энергией до 35 Гэв.

Исследования на ускорителе включили в себя также разработку и усовершенствование новых экспериментальных методик — различных типов искровых камер (часть этих исследований выполнена совместно с ФИАН СССР), систем автоматического съема экспериментальной информации; велись важные исследования влияния импульсного электрического поля на процесс образования скрытого изображения в ядерных фотоэмульсиях. Особенно большое внимание было уделено работам по экспериментальному изучению свойств переходного излучения и созданию новых детекторов заряженных частиц высоких и сверхвысоких энергий на этой основе.

В теоретическом отделе института выполнен значительный объем работ по теории элементарных частиц и теории переходного излучения. Эти исследования в целом ряде случаев стимулировали экспериментальные исследования на ускорителе; работы теоретиков института позволяли зачастую объяснить экспериментальные данные, полученные как на нашем, так и на других ускорителях мира.

Продолжались работы по теории ускорителя, тесно связанные с работами по его усовершенствованию. Велась разработка проектов дальнейшего расширения возможностей ускорителя.

В области прикладных исследований на ускорителе исследовано биологическое действие гамма-квантов с энергией 4,5 Гэв на дрожеподобный гриб; биологическая эффективность гамма-квантов такой энергии оказалась приблизительно в 4 раза ниже, чем в случае рентгеновского излучения.

За истекший период созданы два канала вывода синхротронного излучения ускорителя и начаты исследования с его использованием. В этих исследованиях наряду с учеными института принимают участие сотрудники астрофизической обсерватории, кафедр твердого тела Ереванского, Тбилисского и Ростовского университетов, сотрудники Институты кристаллографии и биофизики АН СССР, начато сотрудничество со специалистами по физике твердого тела ГДР.

В Институте радиофизики и электроники АН Арм.ССР велись интенсивные исследования в различных областях физики, соответствующие профилю института.

Было исследовано тормозное излучение в плазме. Развита диаграммная техника и метод расчета матричных элементов рассматриваемого процесса. Показано, что пучок анизотропно распределенных электронов из-за тормозной неустойчивости дает мощное радиоизлучение, включая диапазон СВЧ. Это открывает возможность создания новых типов генераторов радиоволн — плазменно-тормозных мазеров.

Исследованы важнейшие вопросы взаимодействия электромагнитных волн с заряженными частицами в плазме. На базе уравнений нелинейной электродинамики исследованы процессы рассеяния и трансформации на тяжелой частице, происходящие из-за осцилляций окружающей частицу поляризованного облака.

Решены также различные задачи об излучении зарядами электромагнитных волн при их движении в периодически неоднородных средах, при наличии границ раздела с другими средами.

В области радиофизики СВЧ-диапазона предложены, теоретически и экспериментально исследованы принципиально новые идеи по высокоточной поляриметрии, поляризационной фазометрии, поляризационной коррелометрии. На их основе созданы системы, устройства, приборы, имеющие ряд существенных преимуществ по сравнению с ранее известными и нашедшие применение в различных областях современной науки и техники.

Выполнен ряд теоретических и экспериментальных работ по созданию новых радиоприемных устройств СВЧ-диапазона — радиометров, имеющих весьма высокую чувствительность и широкую полосу пропускания. В част-

ности, впервые создан параметрический усилитель 4 мм диапазона длин радиоволн, представляющий значительный интерес с научной и прикладной точек зрения. Создан параметрический усилитель полосковой конструкции на длине волны 13 см, обладающий широкой полосой пропускания и малой входной температурой шумов. Разработан параметрический усилитель 3-х см диапазона несимметрично-микроросковой конструкции с накачкой 1.5 см диапазона, обладающий малыми габаритами и весом по сравнению с существующими волноводными аналогами при одинаковых основных электрических параметрах.

Предложен аналитический метод статистического расчета и оптимизации проектирования микроэлектронных устройств.

В области квантовой радиофизики исследования велись в двух направлениях: 1) создание и улучшение характеристик квантовых парамагнитных усилителей (КПУ) и 2) поиск новых активных сред для таких усилителей. За период 1971—1975 гг. были созданы КПУ миллиметрового и коротковолновой части сантиметрового диапазонов на рубине, рутиле и андалузите.

На созданных усилителях впервые экспериментально была доказана возможность увеличения произведения полосы пропускания на коэффициент усиления методом частотной модуляции накачки. Теоретически и экспериментально исследованы инверсионные характеристики рубина и рутила.

Показано, что экспериментально измеренные коэффициенты инверсии хорошо согласуются с теоретическими, полученными из решения кинетических уравнений. Выполнен цикл работ по применению андалузита в качестве активного вещества для КПУ миллиметрового диапазона.

С целью создания перестраиваемых широкополосных КПУ велись исследования по применению в квантовых усилителях порошкообразных парамагнитных веществ. В результате этих исследований показано, что порошкообразные вещества успешно могут быть применены в качестве активного вещества.

Предложен и разработан двухчастотный мазер — одновременно усиливающий СВЧ-сигналы на двух различных частотах.

В области полупроводниковой электроники получены новые полупроводниковые материалы — так называемые компенсированные полупроводники, представляющие из себя кремний, содержащий примеси золота, никеля, цинка, кадмия, серебра и других элементов. Эти материалы представляют большой интерес для функциональной микроэлектроники и оптоэлектроники. Полупроводниковые диоды, созданные на основе этих материалов, обладают по току двумя устойчивыми состояниями и тем самым представляют из себя уже готовую ячейку памяти или триггер.

Указанные полупроводниковые структуры обладают многими практически интересными свойствами, что открывает возможность создания на их основе нового типа интегральных логических схем, преимущества которых становятся заметными при создании сверхгигантских интегральных устройств, содержащих многие десятки тысяч элементов.

Путем двойной диффузии бора и никеля в кремний получен новый полупроводниковый материал, имеющий с одной стороны высокое сопротивление (компенсированный полупроводник), а с другой стороны — слабую зависимость от температуры проводимость. Имея такой материал, удалось получить ряд микроэлектронных устройств, которые могут эффективно работать в широком интервале температур, не прибегая к специально термостабилизирующим устройствам. Путем внедрения цинка в кремний получен материал, который позволил создать диодные структуры, чувствительные к свету, с длиной волны 0,9 мкм. Эти фотоприемники оказались достаточно эффективными к восприятию света уже при комнатных температурах.

В области жидких полупроводников получены новые полупроводниковые материалы, способные работать без окисления при температуре выше 1000°C, и исследованы их основные электрофизические свойства.

Перспективность развития в республике промышленности по производству искусственных кристаллов явилось одной из причин значительного развития в Институте физических исследований АН Арм.ССР работ по физике кристаллов. Это, в свою очередь, привело к развитию промышленного выпуска монокристаллов для квантовой электроники на Кироваканском химическом комбинате МХП СССР.

За прошедшее пятилетие в ИФИ разработаны методики выращивания больших бездефектных кристаллов и многосторонне исследованы:

1) активные кристаллы лютециево-алюминиевых, иттрий-алюминиевых и смешанных гранатов;

2) нелинейные кристаллы йодата лития, ниобата лития; кристаллы ниобата лития, легированные железом, используются также в качестве регистрирующей среды в постоянных голографических запоминающих устройствах;

3) акустооптические кристаллы молибдата свинца, альфа-йодноватой кислоты, молибдата гадолиния, германата свинца — уникального материала, необычно сочетающего в себе сегнетоэлектричество, фоточувствительность и естественную оптическую активность.

В области взаимодействия лазерного излучения с веществом ИФИ АН Арм.ССР был одним из первых, который предложил и развил теоретически и экспериментально в этой области существенно новое направление. Это направление сводится к изучению взаимодействия света с веществом вблизи резонанса, т. е. таких взаимодействий, для которых частота взаимодействующего света близка к частоте, которую поглощают или излучают атомы. Это так называемая резонансная нелинейная оптика, являющаяся весьма многообещающей и с практической точки зрения, поскольку она может привести к использованию газов или паров металлов вместо дорогостоящих монокристаллов в некоторых областях частот света, для которых монокристаллы являются уже сильно поглощающей средой.

В теории исследования резонансного взаимодействия электромагнитного излучения с атомами разработаны эффективные методы расчета процессов взаимодействия интенсивного светового поля с многоуровневыми системами. Получены важные результаты по комбинированному возбуждению

атомов электронами и фотонами, что открывает новые перспективы для создания коротковолновых лазеров.

Продолжались исследования по атмосферной лазерной связи и прохождению лазерного излучения в атмосфере над сушей и водной поверхностью. Теоретически и экспериментально исследовались сравнительные характеристики оптической системы связи при модуляции интенсивности либо поляризации лазерного излучения. Впервые измерено отношение сигнал/шум на действующей атмосферной лазерной линии связи.

Ведется широкий комплекс экспериментальных исследований прохождения видимого и ИК излучения в атмосфере.

Проводились исследования излучения нерелятивистских электронов при их влете в вещество. В качестве результата этих работ, в частности, был предложен новый метод исследования поверхности металлов с помощью излучения электронов, влетающих в эту поверхность.

Проводимые в ИФИ АН Арм.ССР работы в области внеатмосферного исследования космических лучей завершились в 1975 году успешной работой аппаратуры «СИЛЯ-4» на борту орбитальной научной станции «Салют-4». Целью этого эксперимента является исследование изотопного и химического составов легких ядер и их энергетических спектров в галактических и солнечных космических лучах в различных фазах солнечной активности. Согласно результатам экспресс-обработки телеметрической информации, получаемой с борта «Салют-4», аппаратура «СИЛЯ-4» функционирует нормально.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиофизических измерений (ВНИИРИ) в период с 1972 по 1975 гг. разработаны три эталона по антеннам и эталон угла сдвига фаз на сверхвысоких частотах. В декабре 1975 г. на заседании Госстандарта СССР указанные эталоны утверждены в качестве Государственных.

Государственный первичный эталон поля излучения ГЭПИ-1 представляет собой параболическое зеркало диаметром 1 м и фокусным расстоянием 0,6 м с набором сменных облучателей и СВЧ-приемных головок для перекрытия широкого диапазона частот.

Государственный специальный эталон поля излучения ГЭПИ-025 представляет собой рупорную антенну с размерами раскрыва  $0,25 \times 0,25$  м<sup>2</sup>, длиной 1 м и набором сменных оконечных секций с приемными головками.

Государственный первичный эталон поля в раскрыве ГЭПР-1 представляет собой плавный волноводный телескопический фазовращатель с набором калиброванных отрезков волновода и балансный СВЧ-мост-компаратор.

Работа эталонов обеспечивается комплексом специальных сооружений и созданной в институте сложной радиоэлектронной аппаратурой: передатчиками, приемниками, преобразователями сигналов, системой автоматического управления и контроля. Вся работа эталонов происходит автоматически. После цикла измерений и обработки информации ЭВМ («Наиря-2») печатает протокол автоматической аттестации вторичного эталона.

За прошедшее пятилетие возник новый научный центр по исследованиям в области физики. Это научно-исследовательские лаборатории Вычис-

лительного центра АН Арм.ССР в г. Горисе. В этих лабораториях ведутся исследования по жидким кристаллам как с точки зрения синтеза новых жидкокристаллических веществ, так и всестороннего исследования их физических свойств. При этом в первую очередь имеется в виду их применение в вычислительной технике.

Из вышесказанного ясно видно, что за прошедшее пятилетие физики Советской Армении вышли на новые научные рубежи, что приведет к еще большему развятию физической науки в республике.