

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пермский государственный университет

**ФИЗИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ  
ВЧЕРА И СЕГОДНЯ**

**Юбилейный сборник**

Пермь 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Путин Г.Ф., Сорокин М.П.</i> Кафедра общей физики .....	3
<i>Ажеганов А.С., Гуцин С.И., Кортаев Н.Н., Пирожков Б.И., Светлов Ю.Г.</i> Кафедра экспериментальной физики и проблемная лаборатория радиоспектроскопии .....	16
<i>Золотарёв И.В., Кюнцель И.А., Сойфер Г.Б.</i> Проблемная лаборатория радиоспектроскопии .....	25
<i>Волынцев А.Б., Спивак Л.В.</i> Кафедра физики твердого тела .....	30
<i>Захлевных А.Н., Любимов Д.В., Марценюк М.А., Непомнящий А. А., Хеннер В.К., Хеннер Е.К.</i> Кафедра теоретической физики .....	39
<i>Марценюк М.А.</i> Кафедра компьютерных систем и телекоммуникаций .....	52

## **Путин Г.Ф., Сорокин М.П.**

### **Кафедра общей физики**

1(14) октября 1916 г. состоялось торжественное открытие Пермского отделения Петроградского университета, а с 3 октября стали проводиться занятия. Учебный процесс начался, а в университете не было ни одного преподавателя физики. Физико-математическое образование имели лишь математик – приват-доцент К.Ф.Абрамович и астроном – профессор К.Д.Покровский, исполнявший к тому же обязанности ректора университета. Между тем, на четыре отделения физико-математического факультета (медицинское, естественное, математическое и химическое) было принято 386 студентов, и на всех отделениях по учебному плану предусматривалось чтение курсов математики и физики. Чтобы не срывать учебный процесс, требовалось принять срочные меры.

Распоряжением Министерства Народного Просвещения в Пермь командировался сроком с 1 января 1917 г. до конца учебного года и.о. адъюнкт-профессора Воронежского сельскохозяйственного института А.А.Добиаш для чтения лекций по физике с сохранением содержания в упомянутом институте [1]. А.А.Добиаш читал лекции в двух группах: медико-биологической и физико-химической. В мае 1917 г. на заседании физико-математического факультета Добиаш выступил с резким заявлением о состоянии дел с обучением физике. "Полное отсутствие приборов – заявил он – сильно сказывается на преподавании физики" [2] В конце выступления он даже сказал, что снимает с себя ответственность за преподавание в медико-биологической группе. Между тем, в своих воспоминаниях выпускник медицинского отделения П.И.Ильинский называет лекции А.А.Добиаша отличными [3].

В марте 1917 г. ректор Пермского университета получает письмо из Главного управления Генерального штаба, в котором высказано согласие о переводе из лагеря пленных офицеров, располагавшегося в Верхних Муллах, лейтенанта австрийской службы, доцента Пражского университета, чеха В.А.Тркала в Пермь для участия в работах по организации физической лаборатории при Пермском университете. В соответствии с предписанием Генерального штаба, у Тркала были взяты подписка о невыезде и заявление о добровольном принятии работы по устройству лаборатории. Ответственность (надзор) за Тркалом, по согласованию с военными, взял на себя заведующий физической лабораторией (в то время кафедры физики еще не было) А.А.Добиаш [4].

К началу второго учебного года из Петрограда прибыли физики – профессор Г'.Г.Вейхардт и В.В.Безикович (Дойникова) – жена профессора математики А.С.Безиковича, одного из основателей теории фракталов. А еще через год из Киева приехал А.А.Фридман в качестве экстраординарного профессора по кафедре механики. Следует отметить, что все они (в том числе и Добиаш) в свое время, когда П.Эренфест жил в Петрограде (1907 – 1912 г.г.), были активными участниками его семинара [5]. С полным основанием их можно считать учениками Эренфеста, а их приезд в Пермь рассматривать как "десант" единомышленников, призванный в кратчайший срок подняться на должную высоту как учебную, так и научную работу в молодом университете.

Приказом по Министерству Народного Просвещения Г.Г.Вейхардт утверждается исправляющим должность экстраординарного профессора по кафедре физики и физической географии с 1 июля 1917 г. А уже 25 сентября 1917 г. он командировается в Петроград по делам, связанными с устройством кафедры физики [6]. В 1918 г. проф. Вейхардт приглашает на должность ассистента кафедры преподавателя Мариинской гимназии Битовта М.В. Михаил Витольдович Битовт окончил в 1912 году электромеханическое отделение Петроградского политехнического института. Под руководством Вейхардта и Фридмана он принимал активное участие в организации физического и механического институтов (так в то время называлась совокупность лабораторий по той или иной специальности). Им была создана мастерская, в которой изготовлялись различные приборы [7].

В октябре 1919 г. по представлению Фридмана на должность ассистента кафедры физики был избран Ежов Николай Николаевич, окончивший в 1915 г. физико-математический факультет Казанского университета. Ежовым был организован практикум по физике. Лично им было поставлено 8 лабораторных работ и сделано 52 прибора [8].

Так постепенно стала формироваться кафедра физики. Поскольку в первые годы существования университета физического отделения не было, то кафедра физики была, по существу, общеуниверситетской, обслуживающей все естественные специальности, другими словами – кафедрой общей (опытной, экспериментальной) физики. О подготовке физиков в то время не могло быть и речи, т.к. для этого не было соответствующей материально-технической базы.

В первое время преподавательский состав физико-математического факультета был очень сильным. Об этом говорит хотя бы рост их квалификации. Так, работавшие на факультете в 1918 году профессора К.Д.Покровский, А.С. Безикович, преподаватели И.М.Виноградов, Г.А.Шайн, В.А.Тркал впоследствии стали академиками, а профессор А.А.Фридман занял в 1925 г. пост директора Главной геофизической обсерватории, который по статусу занимали до него академики [9]. На факультете в 1918 г. было создано Физико-математическое Общество, просуществовавшее до 1930 года и издавшее 5 томов журнала “Журн. Физ.- Мат. Общ-ва при Перм. ун-те” [10]. К сожалению, после эвакуации с армией Колчака в Томск и Иркутск никто из них в Пермь не вернулся. Хотя Фридман и Безикович избежали эвакуации, но в 1920 г. они тоже покинули Пермь.

После возвращения из эвакуации для факультета наступили тяжелые времена. Если в 1918/1919 учебном году занятия фактически прекратились из-за взятия Перми Колчаком, то 1919/20 уч. год был очень тяжелым вследствие почти полного отсутствия преподавателей. Физику пришлось читать профессору математики Р.О.Кузьмину. “Особенно большую педагогическую работу пришлось вести Фридману <...> в связи с тем, что большая часть преподавателей университета летом 1919 г. эвакуировалась в Томск. В этом году он на 1 курсе математического отделения читал “Механические основы физики, вел лабораторные занятия по механике и физике, занимался со студентами черчением. На старших курсах этого отделения он читал “Динамику точки и системы”.

На 1 курсе естественного отделения читал "Общий курс физики". Занятиям со студентами и особенно чтению лекций молодой лектор Фридман уделял много внимания, стремясь тщательной подготовкой облегчить студентам правильное усвоение читаемого. Вот как он сам писал о подготовке к лекциям: "Читал 2 ч.-статистику, 5 ч. – динамику систем и 3 ч. – дифференциальную геометрию. По моей неопытности на подготовку уходило до 40–50 часов в неделю" [11].

Во второй половине 1920 г. на факультете появились преподаватель Тяжелое и ассистент Шульц-Куликовская. Тяжелов Виктор Викторович в 1906 г. окончил физико-математический факультета Московского университета с дипломом 1-й степени (специальности – метеорология, история математики и физики, методика физики). Работал в лабораториях Н.А.Умова, П.Н.Лебедева, Н. Е. Жуковского. С 1906 г. преподавал физику и математику в Пермской мужской гимназии. В 1919 г. в Томске был избран физико-математическим факультетом Пермского университета преподавателем по кафедре кристаллографии, а в 1923 г., уже в Перми, утвержден преподавателем физики [12]. Шульц-Куликовская Августа Августовна в 1916 г. окончила Петроградский женский политехнический институт (специальность инженер-электрик). В 1918–1920 гг. работала преподавателем Касимовского машиностроительного техникума [13]. Таким образом, с 1921 г. на кафедре физики работали: Битовт, Ежов, Тяжелов и Шульц-Куликовская. Кроме того, в середине 20-х гг. на кафедре физики преподавал энергичный, увлекающийся изучением природы космических лучей, молодой физик А. Б. Вериго [14]. Непродолжительное время (1925-1927) на этой кафедре работал профессор П. А. Смирнов, который "пришёлся явно не ко двору" и покинул Пермь [15]. Этот состав был значительно слабее преподавателей, работавших на кафедре до эвакуации. Но, в отличие от предшественников, которые находились в Перми 2-3 года, этот коллектив, за малым исключением, проработал на кафедре практически до разделения университета.

Главпрофобр 3 июля 1922 г. постановил открыть в Пермском университете педагогический факультет, который объединил физико-математический факультет, общественно-педагогическое отделение и институт народного образования. Педфак имел три отделения: социального воспитания, гуманитарных наук и естественных наук (физико-математическая, химическая, геологогеографическая и биологическая комиссии). Комиссия, точнее, Предметная комиссия – это объединение ряда однородных кафедр. В 1924 г. отделение естественных наук было преобразовано в физико-техническое. В 1925 г. произошел первый выпуск Педфака. Физико-техническое отделение закончили 9 студентов, в т.ч. Мерзляков Иван Петрович, который остался работать на кафедре физики. Впоследствии он был деканом физико-математического факультета, проректором университета и проработал в университете до выхода на пенсию в 1964 г. [16].

В 1927 г. Главпрофобр утвердил основные положения института студентов-выдвиженцев. Так называли одаренных студентов, которых администрация и общественные организации выдвигали на научную работу для поступления в последующем в аспирантуру. Одним из первых выдвиженцев на 4 курсе физико-математического отделения Педфака был Н.А.Плешков, который после окончания университета в 1927 г. до 1930 года работал лекционным ассистентом кафедры физики [17].

В 1931 г. произошла реорганизация университета, и вновь стал функционировать физико-математический факультет, но уже в составе лишь одного отделения – физического, со специальностями: металлофизика, геофизика и физика вакуума. Через год геофизическая специальность была ликвидирована в связи с отъездом ее организатора – проф. Дубровского К.К. Еще через год была ликвидирована специальность физика вакуума. Таким образом, осталась лишь одна специальность – металлофизика (рентгеноструктурный анализ). Выбор этой специальности был обусловлен потребностями Пермских заводов и наличием шефа – физического факультета Московского университета. В эти годы существенную помощь нашему факультету оказывали профессора МГУ Млодзевский, Конобеевский, Ландсберг, Предводителев и др.

С 1 сентября 1931 г. Н.Н.Ежову было поручено заведование и формирование кафедры физики. После восстановления университета пришлось начинать все с нуля. До разделения физические лаборатории для практикумов и демонстраций занимали более десяти комнат в главном корпусе (сейчас корпус № 2). При разделении решением Наркомпроса все оборудование лабораторий, вплоть до мебели, было передано Пединституту и перевезено в городское здание (ныне главный корпус Педагогического университета). Таким образом, физическому отделению университета пришлось вновь создавать лаборатории. В этом деле большую роль сыграл высококвалифицированный механик Л.М.Трегубой. Им была оборудована механическая мастерская, в которой с помощью студентов изготавливались демонстрационные приборы и лабораторные установки. Тем временем два первых года лабораторные занятия и лекции с демонстрациями проводились в Пединституте, что создавало большие трудности, потому что попадать с Заимки в город в то время было нелегко.

На втором году нового университета была организована группа математиков. Математические курсы вел проф. Слугинов, специально для этого приезжавший в Пермь. В 1933 г. была организована специализация по теоретической физике.

В 1931 г. Битовт, и в 1933 г. Ежов после кратковременного ареста (первый на 3, второй на 5 месяцев), хотя и были оправданы, покинули университет. Известно, что Битовт после этого заведовал кафедрой физики в Мединституте до 1937 г. – очередного ареста, после которого через год он был освобожден из-за отсутствия состава преступления. Дальнейшая судьба их неизвестна [18, 19]. В 1934 г. положение с кадрами сложилось очень тяжелым. Так, в письме от 29.09.1934 г. в Наркомпрос Директор университета М.Н.Францевич и декан физико-математического факультета Коротков пишут: "...Между тем, положение у нас весьма тяжелое: 3-й курс второй месяц идет почти с окнами, вследствие отсутствия теоретической физики (и кстати, проф. Слугинова); 4-й курс, возвращающийся с практики 15.10, нечем занять, кроме физкультуры и немецкого языка. Дмитрий Андреевич, по возможности срочно протолкните вопрос с Базилевской <...> Пользуясь случаем, просим, если это потребуется, выезд к нам т. Титова – рентгенолога – и проф. Слугинова" [20].

На младших курсах физику вел Мерзляков, а математику – Слугинов. С 28/XI - 34 г. на должность доцента по кафедре физики была зачислена Базилевская Ольга Александровна. Базилевская окончила в 1931 г. физическое отделение Ленинградского университета по специальности теоретическая физика, и в 1934 г. – аспирантуру физического института при ЛГУ. С 1936 г., с момента создания кафедры теоретической физики, она была и.о. заведующего этой кафедрой [21].

С 1/X-35 г. в штат кафедры физики зачислен доцент Степанов Петр Ефремович. П.Е.Степанов в 1929 г. поступил в Московский педагогический институт им. Бубнова. Не окончив институт, как студент-выдвиженец был направлен в аспирантуру по теоретической физике в Институт физики при Московском университете. После окончания аспирантуры направлен на работу в Пермский

университет, где вначале заведовал кафедрой общей физики, а впоследствии – кафедрой теоретической физики [22].

С осени 1936 г. физико-математический факультет начал существовать в составе двух отделений: математического и физического. На факультете стало 4 кафедры: 1) математики и механики, 2) опытной физики, 3) теоретической физики и 4) металлофизики.

В августе 1937 г. в Молотовский университет был переведен Зубарев Борис Иннокентиевич, который возглавил кафедру опытной физики (1937 – 1940 г.г.). Впоследствии он был профессором Пермского университета. Б.И.Зубарев в 3901 г. окончил С-Петербургский университет по специальности физика. Ученик выдающегося экспериментатора В.В.Лермантова и проф. И.И.Боргмана. По приглашению изобретателя радио А.С.Попова долгое время работал в его лаборатории в Электротехническом институте [23].

В 20-летний юбилей университета декан физико-математического факультета Б.А.Викберг пишет: “Кафедра опытной физики имеет кабинет с набором демонстрационных приборов, весовую и несколько оборудованных практикумов (тепловой, электрический, оптический и др.). Но все эти крайне нужные учебно-вспомогательные учреждения до сего времени весьма бедно обставлены. Они нуждаются в самом необходимом; так, например, не хватает аккумуляторов, нет правильного электрического тока и еще очень многого. Но самым большим недостатком оборудования этой кафедры является, безусловно, почти полное отсутствие точных приборов, без которых совершенно невозможно вести исследовательскую работу в области физики. Факультет в настоящее время имеет уже такие кадры, что у него почти нет необеспеченных преподаванием курсов. Но еще нельзя считать факультет укомплектованным в полной мере: еще имеются курсы, преподавание по которым ведут совместители, так, опытную физику на II к. ведет работник Пединститута В.И.Кармилов” [24].

В 1936 г. состоялся первый выпуск с защитой дипломных работ. Эти работы выполнялись в Московском университете и научно-исследовательских институтах Москвы, а также на заводах Перми.

Из первого выпуска были оставлены на факультете Бутов, Кравченко, Мякишев и Костин. Из выпуска 1937 года оставлены 5 человек – Ф.П. Бутра, Ю.И. Корчемкин, А.Т. Калмыков, Н.В. Сумароков, Соболев. Из числа выпускников факультета тех лет многие стали видными учеными или высококвалифицированными специалистами научно-исследовательских институтов и заводских лабораторий. Так, выпускник 1939 года Л.М. Бреховских стал академиком.

Вот как оценивает состояние дел на физико-математическом факультете в 1937 г. директор университета М.И. Прохорова: "Совершенно неблагоприятно было в Пермском университете с физиками и математиками. При таком количестве специалистов и их квалификации не могло быть и речи о создании физико-математического факультета. Даже для нормальной подготовки биологов, геологов и химиков необходимы были квалифицированные преподаватели – физики и математики. В начале 1938 г. пришлось обращаться за помощью в Наркомпрос, где отнеслись с пониманием к просьбе, и во второй половине 1938 г. к нам был направлен в качестве проректора университета и преподавателя математики А.Н. Чибисов. Он закончил физмат МГУ и, насколько я помню, среди физиков и математиков Пермского университета был единственным кандидатом наук" [25].

С началом Великой Отечественной войны в числе первых ушли на фронт доцент кафедры металлофизики Титов А.Т. и ассистент Бутра Ф.П., ассистент кафедры общей физики Кравченко Н.А., ассистент кафедры математики Костин А.В. Часть сотрудников перешла на производство. Оставшиеся в свободное от работы время помогали промышленным предприятиям, участвовали в суббог-никах.

Были изменены режим работы университета, учебные планы, сроки обучения и т.п. В Пермь был эвакуирован ряд учреждений из Москвы и Ленинграда. Наркомату угля были переданы главный корпус (сейчас корпус № 2) и единственное каменное общежитие на ул. Ленина (сейчас административное здание Дзержинского р-на). Физикам было предоставлено 5 комнат в химическом корпусе (сейчас корпус № 4). Переселение и размещение потребовали больших усилий. Несмотря на это, учебный план выполнялся полностью. На факультете появились новые сотрудники из числа эвакуированных, в их числе доцент И.М. Меттер из Ленинграда, которому было поручено заведование кафедрой общей физики. Несмотря на все трудности, университет оставался не только учебным, но и научным центром. Все работники факультета имели плановые темы и к выполнению их привлекали студентов. Так, на кафедре общей физики в 1942 – 45 г.г. велись работы по спецзаданиям оборонного характера: 1) Наркомата угля, 2) Научно-исследовательского института № 13, 3) Центральной научно-исследовательской станции авиационной промышленности.

В 1943–1944 г.г. Наркомат угля возвратился в Москву, освободив главный корпус, за исключением северного крыла, который был занят комбинатом Молотовголь. Физмату были возвращены все комнаты и аудитории, занимаемые им до войны.

В 1945 г. на факультете появился Г.А. Остроумов. Георгий Андреевич Остроумов в 1923 г. окончил математическое отделение физико-математического факультета Казанского университета и получил квалификацию физика-экспериментатора.



После университета он 5 лет работал в Нижегородской радиолaborатории у М.А.Бонч-Бруевича. В 1928 г. был переведен в Центральную радиолaborаторию треста слабых токов в Ленинграде. По совместительству вел педагогическую работу в вузах. С 1935 г. начались его преследования. Он был вынужден уехать в Саратов, а оттуда попал в ГУЛАГ (1938–1943 г.г.).

В итоге он оказался на Урале в тресте "Сталинуголь" (Половинка, Пермской обл.). Оттуда ректор Пермского университета Р.В.Мерцлин путем многоходовой комбинации перевел его в наш университет [26]. Приказом ректора от 18/VI-45 г. Остроумов был зачислен на должность заведующего кафедрой физики, а Совет университета избрал его, учитывая высокую квалификацию, на должность профессора. Однако Всесоюзный Комитет по делам Высшей Школы не утвердил Остроумова в должности профессора, так как у него не было даже ученой степени кандидата наук. "Необходимо было – как говорил Остроумов – привести в соответствие форму и содержание", то есть защитить кандидатскую диссертацию.

С первых дней работы в университете Остроумов стал налаживать связи с промышленными предприятиями: заводами, нефтяниками, Камгэсстроем и другими организациями. Сотрудники кафедры и студенты старших курсов начали выполнять заказы этих предприятий. Сразу оживилась творческая работа. Возник физический семинар. На этом семинаре 2/1-46 г. было сделано сообщение об аномальном распределении температуры в нефтяной скважине. Это явление заинтересовало Остроумова. Он смоделировал скважину стеклянной бюреткой, снабженной рядом термопар. В нижней части располагалась печь для подогрева; сверху бюретка присоединялась к объемистому резервуару, играющему роль холодильника. При определенных условиях подогрева, как и в нефтяной скважине, устанавливался режим с постоянным по высоте градиентом температуры. Остроумов получил также точное решение уравнений конвекции для данной задачи. Оформив эти исследования в качестве кандидатской диссертации, он представил ее в Совет Физического института АН СССР, где председателем был С.И.Вавилов. Оппонентами были назначены академик Л.Д.Ландау и профессора Д.А.Франк-Каменецкий и Г.Л.Поляк. Защита состоялась 12 апреля 1947 г. Все оппоненты высказались за присуждение Г.А.Остроумову степени доктора физико-математических наук [27, 28]. Так на кафедре общей физики появился первый за всю ее историю доктор наук. Следует отметить, что с момента того памятного семинара до защиты докторской диссертации прошло всего лишь 1,5 года, что составляет лишь половину аспирантского срока. Это феноменальное событие, если учесть, что у Остроумова не было научного задела.

На кафедре был настоящий ажиотаж – все говорили только о конвекции. После защиты обычно наступает перерыв, который психологически оправдан. У Остроумова же сразу после защиты последовал каскад работ по конвекции. Конвекцией занимались не только все сотрудники кафедры, к этой тематике потянулись физики-теоретики и математики. Из теоретиков первым, еще в студенческие годы, гидродинамикой занялся Е.М.Жуховицкий.

К нему после колебаний присоединился Г.З.Гершуни. Несколько работ посвятил гидродинамике И.Г.Шапошников, который появился в Перми в 1948 г. Так начало зарождаться гидродинамическое направление. Обобщением исследований, проводившихся на кафедре общей физики в конце 40-х годов, явилась монография Г.А.Остроумова "Свободная конвекция в условиях внутренней задачи", изданная центральным издательством в 1952 г. Возникает мысль: Остроумов мог не обратить внимания на указанную выше аномалию, и тогда гидродинамического направления в Перми наверняка бы не было. Была бы другая наука, но не гидродинамика.

После войны на факультет возвратился только Ф.П.Бутра. В 1948 г. произошло изменение состава преподавателей. На кафедре физики появился В.А.Крылов. По распоряжению Министерства Высшего образования в Челябинск уехали ассистенты Ю.И.Корчемкин, А.Т.Калмыков, Ф.П.Бутра и ст. лаборант Г.Г.Попов; в Москву – П.Е.Степанов. Взамен выбывших поступили выпускники Осипенко Н.Н. (1947), Голубина С.Н. (1948), Козлова А.Н. (1950), Курушин А.И., Гершуни Г.З.(1951), Полоскин А.Н.(1950), Понизовский В.М. (1950), Шайдуров Г.Ф. (1952), Белоусова Н.К. (1952), Хлебутин Г.Н. (1952), Хлебутин Г.С. (1952), Пирожков Б.И. (1952), Варской Б.Н. (1952), Зайцев В.М. (1953), Сорокин М.П. (1953). В 1951 г. в Пермь приехали доценты В.С.Сорокин и А.И.Сорокина.

С начала 50-х годов начали защищать кандидатские диссертации аспиранты и соискатели под руководством Г.А.Остроумова: В .Б .Шейн (впоследствии зав. кафедрой физики Мединститута), В.В.Славнов (впоследствии зав. кафедрой физики Политехнического института), Г.Ф.Шайдуров (впоследствии 25 лет руководивший кафедрой общей физики университета), В.А.Тетюев (впоследствии зав. кафедрой физики сельскохозяйственного института), Г.Смирнов (впоследствии зав кафедрой физики Куйбышевского университета), М.П.Сорокин (впоследствии декан физического факультета) и др. Если сразу после Великой Отечественной войны публиковалось 2-3 статьи в год, то в 1955 и 1956 г.г. физиками опубликовано по 15 работ в каждом году, а с начала 60-х г.г. их число выросло до 30 и более [28].

В 1953 г. с приездом в Пермь проф. М.И.Корнфельда кафедра физики была разделена на кафедру общей физики (зав. кафедрой Г.А.Остроумов) и кафедру экспериментальной физики (зав. кафедрой М.И.Корнфельд). В новую кафедру вошли ст. преподаватель И.А.Малеев, ассистенты А.Н.Полоскин, М.Понизовский, Н.Н.Осипенко и Б.Н.Варской. На кафедре общей физики, кроме А.И.Сорокиной, в 1955 г. появился второй кандидат наук – защитил диссертацию Г.Ф.Шайдуров.

В 1958 г. после летних отпусков из Перми одновременно уехали проф. Г.А.Остроумов и доцент А.И.Сорокина. Исполняющим обязанности зав. кафедрой был назначен Г.Ф.Шайдуров, который проработал в этом качестве до 1972 г., после чего был официально избран на эту должность. В 1958 и 1960 г.г., вскоре после защиты кандидатских диссертаций, из ПГУ ушли ст. преподаватели В.А.Тетюев и А.Г.Смирнов.

На должность доцента был приглашен выпускник нашего факультета, закончивший аспирантуру при Московском университете, кандидат наук Н.В.Котельников.

Пятилетие после отъезда Г.А.Остроумова и ухода ведущих преподавателей было для кафедры очень трудным. Оно совпало с резким ростом числа студентов университета и, в связи с этим, значительным увеличением объема учебных поручений по курсу общей физики. Приказом МВ и ССО РСФСР в 1960 г. физико-математический факультет был разделен на два – физический и механико-математический [29]. Прием на дневное отделение физфака был увеличен до 125 студентов, и было открыто вечернее отделение (вначале с приемом 25, а затем – 50 студентов в год). Потребовалось увеличить вместимость физических практикумов, продублировать и увеличить число экспериментальных задач. Несмотря на трудности с оборудованием и приборами, эта работа была проведена. Значительные сложности возникли с комплектованием быстро растущих штатов кафедры. Число преподавателей с 6 – 7 в 1962 г. увеличилось до 20 в 1965 г. Новые преподаватели подбирались почти исключительно из числа выпускников. Из выпуска 1960 – 62 г.г. были приняты О.А.Евдокимова, Е.Г.Фадеева, В.А.Моисеева, В.Г.Петухова. Из других вузов и школ были приглашены Ю.К.Братухин, Н.К.Белоусова, А.Т.Козулин, М.П.Бугрин, М.А.Рыбальченко, С.А.Щербакова (Криночкина). В последующие годы состав преподавателей практически не менялся, но существенно повышалась их квалификация. Защитили кандидатские диссертации Ю.К.Братухин (1963), М.П.Сорокин (1964), А.Н.Козлова (1968), В.Д.Зимин (1970), Ю.Н.Ляхов (1971), А.Т.Козулин (1971), Л.Г.Богатырева (1972). В 1972 г. в Пермь из Риги приехал ведущий специалист в области магнитной гидродинамики, академик АН Латвийской ССР, профессор И.М.Кирко, сразу же начавший активно участвовать в научной и учебной работе кафедры.

В 1966 г. физический факультет переехал в новый корпус. Были расширены и оснащены новым оборудованием все общие физические практикумы, кабинет лекционных демонстраций, модернизированы все лабораторные установки, обновлены и отредактированы методические руководства к лабораторным работам. О.Н.Кордуном были организованы кабинет методики физики и конструкторское бюро школьников и студентов “Кварц”. Электронное оборудование, изготовленное этим кружком, неоднократно представлялось на Всесоюзных и международных выставках и награждалось дипломами. В 1975 г. вышли из печати "Руководство к лабораторным работам по механике и молекулярной физике" М.П.Сорокиной и "Руководство к лабораторным работам по оптике" А.Т.Козулина. В электрической лаборатории почти все лабораторные работы были существенно переработаны доцентом Г.И.Субботиным. В.В.Пантюхиным было написано учебное пособие “Оборудование электрической лаборатории”.

По инициативе физического факультета в Министерский учебный план по специальности "Физика" была внесена новая специализация "Физическая гидродинамика". Весной 1974 года на кафедре общей физики состоялся первый выпуск 15 студентов по этой специализации. В связи с ее организацией сотрудниками кафедры в сравнительно короткий срок была проделана значительная учебно-методическая работа.

Были разработаны спецкурсы, созданы и оснащены необходимыми приборами 4 новых спецпрактикума. В.Д.Зиминым были написаны учебные пособия “Оптические методы исследования прозрачных неоднородностей”, “Оптическая обработка информации в теневых приборах”, “Турбулентность”. Большую работу по созданию спецлабораторий провели Братухин, Кетов, Зимин, Богатырев.

После отъезда Г.А.Остроумова созданное им научное направление продолжало развиваться. С каждым годом увеличивалось число публикаций, стали регулярными защиты кандидатских диссертаций. Под руководством заведующего кафедрой Г.Ф.Шайдурова защитили кандидатские диссертации Ю.Н.Ляхов, В.Д.Зимин, Л.Г.Богатырева, Г.В.Ястребов, А.Ф.Пшеничников, Г.Ф.Путин, В.Г.Козлов, А.И.Кетов, В.А.Брисман, А.Ю.Пинягин. В настоящее время Зимин, Пшеничников, Путин и Козлов стали докторами наук. С 1968 г. издается периодический сборник научных трудов “Гидродинамика”. Исследования по гидродинамике проводятся в тесном сотрудничестве с кафедрой теоретической физики университета, кафедрой теоретической физики Пермского педагогического института и Института механики сплошных сред. Наряду с теоретическими, проводятся гидродинамические исследования прикладного характера по заказам.

После ухода Г.Ф.Шайдурова на пенсию кафедрой с 1982 по 1985 г.г. руководил доцент А.Т.Козулин. В 1985 г. заведующим кафедрой избирается доцент Г.В.Ястребов, возглавлявший кафедру по 1990 г. В этот период сотрудники кафедры участвуют в работах по созданию аппаратуры для гидродинамического модуля орбитальной станции “Мир”, в заказной работе с Институтом космических исследований АН СССР по изучению тропических циклонов в связи с их мониторингом из космоса.

С 1990 года кафедрой общей физики руководит к.ф.-м.н., доцент Г.Ф.Путин (с 2001 г. – д.ф.-м.н.). В настоящее время кафедра является одной из самых крупных в университете. В ее состав входят 24 преподавателя: профессора, д.ф.-м.н. Ю.К.Братухин, И.М.Кирко, А.Ф.Пшеничников, П.Г.Фрик, А.А.Черепанов; доценты, к.ф.-м.н. Л.Г.Богатырева, В.Г.Гилев, А.Ф.Глухов, А.В.Зюзгин, С.Р.Косвинцев, Н.И.Лобов, И.Ю.Макарихин, С.О.Макаров, А.И.Мизев, В.А.Мокеева, В.Г.Сивков, М.П.Сорокин, Г.И.Субботин, Г.В.Ястребов; старшие преподаватели И.А.Бабушкин, В.Н.Сдобнов; ассистент О.М.Макарихина, заведующие лабораториями Г.П.Богатырев и А.Н.Полудницын, и 12 инженеров. Кафедра обеспечивает обучение по курсу общей физики студентов физического и всех других естественно-научных факультетов университета – геологического, биологического, химического, географического и механико-математического, а также старшекурсников физического факультета по специализации «Физическая гидродинамика». Кафедра располагает 4 учебными лабораториями по общему курсу – механики, молекулярной физики, электричества, оптики, и кабинетом лекционных демонстраций. Основной целью специализации является подготовка экспериментаторов. В связи с этим студенты выполняют большое число работ в 10 спецпрактикумах: теплофизических методов гидродинамики, конвекции, оптических методов в гидродинамике, турбулентности, динамики аномальных жидкостей, лазерных измерительных систем, автоматизации эксперимента, межфазной гидродинамики, лабораторных методов в гидродинамике, динамики жидкостей с особыми свойствами.

Основное научное направление кафедры – экспериментальные и теоретические исследования по физике жидкостей, конвекции и тепломассообмену, выполняемые как с фундаментальными целями, так и в связи с многочисленными практическими приложениями. Конвекция – перенос теплоты или массы в жидкостях и газах в результате перемещения этих сред. Конвекция является без преувеличения самым распространенным видом течений во Вселенной. Конвективные зоны имеются в звездах. Свободно-конвективные движения в недрах Земли приводят к дрейфу материков, землетрясениям и извержениям вулканов. Естественная конвекция является причиной перемещения воздушных масс в атмосфере и водяных масс в морях и океанах, создающей циклоны и антициклоны, тайфуны и ураганы. Конвекция играет важную роль в разнообразных технических устройствах и технологических процессах.

Усилия сконцентрированы, главным образом, на следующих проблемах: Конвекция в различных каналах и полостях. Устойчивость механического равновесия и конвективных движений. Структура течений. Нелинейные режимы. Переход к хаосу.

Конвективные явления в растворах, суспензиях, магнитных жидкостях, пористых средах, неьютоновских и многофазных системах. Конвекция при наличии границы раздела фаз, полимеризации, вынужденных течений и других осложняющих факторов.

Управление конвекцией и тепломассопереносом.

Негравитационные – вибрационный, центробежный, магнито- и электротермический, межфазный, термо- и концентрационно-капиллярный механизмы конвекции.

Конвекция в переменных температурных, инерционных, электрических и магнитных полях. Динамическая стабилизация и параметрическое резонансное возбуждение течений.

Лабораторное моделирование крупномасштабных течений в атмосфере.

Технологические приложения.

Значительное место в исследованиях занимает гидромеханика невесомости – наземное физическое моделирование, подготовка и проведение экспериментов на космических аппаратах. Кафедрой изготовлен прибор «Дакон» (датчик конвекции), с которым в 1998 -2000 г. г. выполнено более 50 сеансов измерений на орбитальной станции «Мир», Этот прибор возвращен на Землю и в настоящее время готовится для использования на Международной космической станции и на Научном спутнике «Фотон». Кафедра участвовала также в экспериментах на ОС «Мир» совместно с учеными из Франции по физике жидкостей в окрестности термодинамической критической точки, и из США – по жидкофазному спеканию композиционных материалов.

Активное участие в исследованиях принимают студенты и аспиранты. По итогам этих работ они неоднократно выигрывали стипендии Президента и правительства РФ, гранты и стипендии областной администрации; 10 студентов награждены грантами фонда Сороса.

Кафедрой проводится большая учебно-методическая работа. Ю.К.Братухиным, В.Г.Гилевым и В.Н.Сдобновым существенно обновлена оптическая, а В.Г.Сивковым и Г.И.Субботиным – электрическая лаборатории, Г.И.Субботиным издано учебное пособие для электрической лаборатории. Проф. Ю.К.Братухиным написана учебное пособие “Равновесие и устойчивость гетерогенных систем”, Ю.К.Братухиным и С.О.Макаровым – монография “Межфазная конвекция”. Сотрудники кафедры создают учебно-лабораторное и демонстрационное оборудование и методические руководства по физике для вузов и школ.

### **Библиографический список**

1. Личное дело А.А.Добиаша//ГАПО, р-180, оп. 2, д. 117.
2. Журнал заседаний физ.-мат. фак-та //ГАПО, р-180, оп. 1, д. 628.
3. Ильинский П.И. Моя Альма-матер // Л. 1972.
4. Личное дело В.А.Тркала //ГАПО, р-180, оп. 2, д. 356.
5. Френкель В.Я. Пауль Эрэнфест ЛЧД.: Атомиздат, 1977.
6. Личное дело Г.Г.Вейхардта// ГАПО, р-180, оп. 2, д. 47.
7. Личное дело М.В.Битовта // ГАПО, р-180, оп. 2, д. 31.
8. Личное дело Н.Н.Ежова//ГАПО, р-180, оп. 2, д. 120.
9. Люди русской науки // Под ред. И.В.Кузнецова. М., 1961.
10. Битовт М. Краткий исторический очерк деятельности Физ. мит. общестии при Пермском госуниверситете // Журн. Физ.-мат. общества при Пермском госуниверситете. 1926. Т. 3.
11. Лоскутов К.Н. Деятельность А.А.Фридмана в Пермском университете // Ученые записки № 163. Пермь: Перм. ун-т. 1968.
12. Личное дело В.В.Тяжелова//ГАПО, р-180, оп. 2. д. 358.
13. Личное дело А.А.Шульц-Куликовской//ГАПО, р-180, оп. 2, д. 411.
14. Живописцев В.П. День открытых дверей // Пермь. 1986.
15. Личное дело П.А.Смирнова // ГАПО, р-180, оп. 2, д. 337.
16. Личное дело И.П.Мерзлякова // АПГУ, Ф. 180.
17. Личное дело Н.А.Плешкова // АПГУ, Ф. 180.
18. Следственное дело Битовт М.В.// ГАДПРПО, Ф. 1, оп. 1, д. 877.
19. Следственное дело Ежов Н.Н.// ГАДПРПО, Ф.1, оп. 1, д. 8799.
20. Личное дело О.А.Базилевской // АПГУ, Ф. 180. там же
21. Личное дело П.Е.Степанова//АПГУ, Ф. 180.
22. Личное дело Б.И.Зубарева // АПГУ, Ф. 180.
23. Викберг Б.А. Физико-математический факультет //Ученые записки МолГУ, 1936.
24. Прохорова М.И. По заданию Наркомпроса РСФСР //Пермский университет в воспоминаниях современников. Вып. 1. Пермь: Перм. ун-т, 1991.
25. Семинар памяти Г.А.Остроумова // История методология науки. Пермь: Перм. ун-та, 1999. Вып. 6.

26. Памяти Георгия Андреевича Остроумова //Конвективные течения. Сб. науч. тр. Пермск. пед. ин-та. Пермь, 1985.
27. Остроумов Г.А., Остроумов А.Г. Борис Андреевич Остроумов // JL: "Наука", 1991.
28. Сорокин М.П. О становлении физического факультета университета в 1950 – 60 г.г. // Ровесник XX века. Пермь. Изд-во Перм. ун-та, 2000.
29. Приказ МВ и ССО РСФСР N 364 от 11 мая 1960 // ГАПО, Ф. 180. оп. 12, д. 647, л. 94.

*Г.Ф. Путин, М.П. Сорокин*

*Ажеганов А.С., Гуцин С.И., Коротаев Н.Н.,  
Пирожков Б.И., Светлов Ю.Г.*

**Кафедра экспериментальной физики и проблемная лаборатория  
радиоспектроскопии**

***В веке прошлом:***

Кафедра экспериментальной физики создана 1 июня 1953 г. в соответствии с приказом Министерства высшего образования. Организация новой кафедры была поручена лауреату Сталинской премии доктору физико-математических наук профессору Марку Иосифовичу Корнфельду. До приезда в Пермь профессор Корнфельд М.И., один из ближайших сотрудников академика И.В.Курчатова, занимался получением первой в нашей стране партии тяжелой воды.

Главное, что было в его деятельности в Перми – это создание экспериментальной базы кафедры и развитие научного направления – физики твердого тела. Академическими институтами Москвы и С.-Петербурга было передано кафедре лабораторное оборудование и радиоизмерительные приборы.

Одновременно с организацией новых учебных лабораторий и разработкой лекционных курсов велась интенсивная научная работа на новой кафедре. За первые пять лет существования кафедры ее сотрудниками было опубликовано 22 статьи. Темы исследовательских работ, начатых под руководством М.И.Корнфельда, были связаны с его предвоенными научными интересами: изучение структуры монокристаллов при фазовом превращении, исследование физических свойств и релаксационных процессов в аморфных веществах при их переходе от твердого тела к жидкости, упругие свойства монокристаллов в окрестности фазового перехода.

После перехода М.И. Корнфельда в только что организованный Институт полупроводников в С.-Петербурге заведующим кафедрой был назначен доцент Павел Владимирович Мейкляр. Ряд сотрудников начал работать по его научной тематике – изучение физических свойств галогенидов серебра и галоидосеребряных фотографических слоев. В последующие годы кафедру возглавляли доцент Малеев И.А., профессор Гречишкин В.С., доцент Полоскин А.Н., доцент Коротаев Н.Н. и доцент Измestьев И.В.

В апреле 1957 года, за пять месяцев до запуска первого в мире искусственного спутника Земли (ИСЗ), письмом АН СССР и МВО СССР Пермскому университету было предложено организовать станцию оптических наблюдений за ИСЗ. В университет поступило необходимое оборудование, и в июле 1957 г. станция начала функционировать. Под руководством ассистентов Светлова Ю.Г. и Сорокина М.П. на станции работало 30 студентов-наблюдателей. Результаты наблюдений за ИСЗ после предварительной обработки регулярно телеграфировались в соответствующий центр в Москву. Станция непрерывно работала в течение 7 лет.

В 1959 году начинается один из важных этапов в истории кафедры – открывается прием абитуриентов на новую специальность «Радиофизика и электроника». В этот начальный период разрабатываются новые для ПГУ лекционные курсы, организуются новые учебные лаборатории.



Большой вклад в организацию подготовки радиофизиков внесли доценты Курушин А.И., Полоскин А.Н., Малеев И.А., Понизовский В.М., Хлебутин Г.С., Юркин И.В. Более 40 лет подготовке молодых специалистов посвятили доценты Коротаев Н.Н., Пирожков Б.И. и Светлов Ю.Г., которые и сегодня успешно работают на кафедре. Развитие специальности «Радиофизика и электроника» стало возможно только благодаря целевому бюджетному финансированию. Министерством для кафедры были выделены большие партии самых современных по тем временам электронных измерительных приборов.

В начале и середине шестидесятых годов газеты и журналы часто и много писали о космосе, транзисторах, термояде, физиках. Прохожие по вечерам задирали голову к небу и смотрели на звезды в надежде увидеть движущийся спутник. Школьники обсуждали проблему: “может ли машина мыслить?”. Студенты самоуверенно пели: “только физики – соль, остальные все ...”. В то время, как и сейчас, абитуриенты любили поступать в ВУЗ на те специальности, где был самый высокий конкурс. Такой специальностью в ПГУ была “радиофизика и электроника”.

В 1964 году состоялся первый выпуск студентов, обучающихся по специальности “радиофизика и электроника”. Четверо наших выпускников тогда были направлены на работу в СКБ Института радиоэлектроники АН СССР. С тех пор на протяжении двух десятков лет университет направлял выпускников кафедры в эту организацию. Многие и сегодня работают в СКБ, которое является ведущим в России в области оптоэлектроники и научного приборостроения. Начальник СКБ, главный инженер и заведующие секторами были выпускниками кафедры экспериментальной физики. Труд многих и них – специалистов высокого класса — отмечен именными премиями, орденами и медалями.

Подготовка большого числа радиофизиков способствовала интенсивному развитию исследований в области радиоспектроскопии – нового в то время раздела физики, в рамках которого исследуются переходы между энергетическими уровнями квантовой системы, индуцированные электромагнитным излучением радиодиапазона. Именно радиоспектроскописты впервые наблюдали вынужденное когерентное излучение, что привело к созданию хорошо всем известных квантовых генераторов – лазеров.

В 1959 году в Естественнонаучном институте профессором И.Г.Шапошниковым была организована лаборатория квантовой радиофизики. В 1964 году была открыта Проблемная научно-исследовательская лаборатория радиоспектроскопии, которая относилась к физическому факультету. Обе лаборатории долгое время существовали как единое целое, проводя совместные исследования. С тематикой этих лабораторий были связаны исследования многих преподавателей кафедры экспериментальной физики, в том числе В.С.Гречишкина, А.И.Курушина, Ю.Г.Светлова, С.И.Гущина, В.А.Шишкина, Э.О. Азизова, М.Л. Златогорского, В.М.Гусарова и др.

Большинство научных сотрудников лабораторий также были выпускниками кафедры экспериментальной физики, многие до сих пор работают в Пермском университете. В Проблемной лаборатории и лабораториях кафедры были представлены все основные радиоспектроскопические методики: проводилось исследование кристаллов методом ядерного квадрупольного резонанса, изучались

комплексы с переносом заряда методом электронного парамагнитного резонанса, изучалась экранировка ядер и молекулярная подвижность в твердых телах методом ядерного магнитного резонанса широких линий, изучалось электронное строение молекул методом ядерного магнитного резонанса высокого разрешения, изучалось парамагнитное поглощение на СВЧ в параллельных полях. Лаборатории оснащались уникальной аппаратурой, которую по инициативе профессора В.С.Гречишкина разрабатывали и изготовляли сотрудники совместно со студентами кафедры экспериментальной физики. Более ста студентов защитили здесь дипломные работы.

Исследовательская работа проводилась в тесном контакте с научными подразделениями университета: лабораторией органических полупроводниковых материалов ЕНИ, ОКБ «Маяк», межвузовской лабораторией физикохимических методов исследования, а также с рядом академических и отраслевых институтов городов Москвы, С.-Петербурга, Екатеринбургa, Киева, Перми и др. Результаты исследований публиковались в межвузовском сборнике «Радиоспектроскопия», в отечественной центральной печати и за рубежом.

Из года в год возрастает вес исследовательских работ по прикладным темам, проводимым по договорам с предприятиями, СКВ, ПИИ. Под руководством доцентов И.А.Малеева и Б.И.Пирожкова проводились исследования в области акустики и ультразвука. Изучались направленность и эффективность излучателей и приемников звука, ультразвуковая обработка и пайка металлов. Проводились вибрационные исследования свойств и старения эластомеров, исследование прочности и структурных изменений при вибрационных нагрузках некоторых деталей авиадвигателей.

Под руководством доцента В.М.Понизовского проводились исследования свойств материалов в больших центробежных полях. На различных стадиях исследования и конструирования уникальной ультрацентрифуги с магнитным подвесом ротора принимали участие И.А.Малеев, С.А.Петухов, Ю.Г.Светлов, Г.В.Чирков, И.В.Юркин, Г.П.Спелков и другие сотрудники кафедры. На ультрацентрифуге были проведены исследования прочности на разрыв стальных образцов сферической формы в больших центробежных полях, исследования прочности сцепления со стальной подложкой гальванических и лакокрасочных покрытий.

Под руководством доцента Н.Н.Коротаева продолжались исследования рассеяния света в фотослоях и фотопроводимости галогенидов серебра. Примерный весьма оригинальный метод моделирования таких процессов в сантиметровом и миллиметровом диапазонах радиоволн. Получены интересные результаты, проливающие свет на сверхтонкие процессы, протекающие при фиксации изображений.

Традиционно студенческая научная работа на кафедре тесно связана как с учебным процессом, так и с тематикой исследований, выполняемых сотрудниками. Проводимые на кафедре с участием студентов работы представляют не только значительный научный интерес, но велико также их прикладное значение. Полученные результаты публикуются в научной печати, оформляются в виде заявок на изобретения.

Совместно со студентами был разработан и изготовлен прибор для измерения частотных характеристик механических систем, который в 1966 г. демонстрировался на ВДНХ. За этот прибор авторы были награждены серебряной медалью ВДНХ. В этом же году в ВДНХ участвовала экзаменационная машина «Снежинка».

Под руководством доцента Г.С.Хлебутина началась разработка устройства для автоматической демонстрации шахматной игры. Созданный А.В. Ярославцевым и В.В. Ярославцевой демонстратор также экспонировался на ВДНХ и был удостоен серебряной медали выставки.

Больших успехов добилась кафедра в области конструирования научной аппаратуры. Впервые в нашей стране была разработана система цифровой регистрации и обработки сигналов магнитного резонанса. Были разработаны и изготовлены радиоспектрометры ядерного квадрупольного резонанса для различных научно-исследовательских институтов. В их числе – Институт физики СО АН СССР (Красноярск), Институт физики АН УССР (Киев), Институт полупроводников АН СССР (Ленинград), Институт физических проблем АН СССР (Москва), Институт нефтехимических процессов АН АзССР (Баку), Пермский филиал ГИПХ и др.

Под руководством доцентов Зеленина В.П. и Хлебутина Г.С. на кафедре был создан опытно-конструкторский сектор, который занимался разработкой современных электронных информационно-измерительных устройств. Сектор финансировался за счет хозяйственных работ, сумма которых в 1976 году составила 100000 рублей. Сотрудниками сектора, в том числе Ю.Г. Светловым, Г.Г.Кудымовым, В.П.Трошевым, была изготовлена серия цифровых регистраторов сигналов по заказам организаций, ведущих исследования в области радиоспектроскопии, среди которых были ГИПХ и Институт физических проблем АН СССР. Один из регистраторов сигналов магнитного резонанса демонстрировался на ВДНХ и получил серебряную и бронзовую медали.

Перспективными были признаны работы В.И. Прошутинского, С.Б.Карпова, И.Г.Филимонова, И.В.Дормидонтова, С.И.Гущина по конструированию низкочастотного медицинского томографа на основе ядерного магнитного резонанса. В результате создан лабораторный макет прибора столь необходимого для правильного диагностирования заболеваний.

Разработки, сделанные в секторе, участвовали в Выставке достижений народного хозяйства СССР и в двух международных выставках в Италии и на Кубе. Кафедра получила 18 патентов зарубежных стран, в том числе Англии, США, Швеции, Швейцарии, ФРГ, Японии, Венгрии, Чехословакии и др., около 30 Авторских свидетельств на изобретения, участвовала в трех выставках ВДНХ СССР и шести Международных выставках «Достижения Советской науки» (Италия, Куба, Франция, Чехословакия, Англия).

Конструкторский коллектив сектора стал основой одного из отделов образованного в 1981 году при ПТУ ОКБ «МАЯК».

*... и в веке новом:*

В настоящее время в 17 учебных и научных лабораториях кафедры работают 20 преподавателей и инженеров, среди которых 12 кандидатов наук. Научно-исследовательская работа на кафедре ведется по следующим направлениям:

### **Радиоспектроскопия**

В рамках данного направления проводятся экспериментальные исследования методом ядерного квадрупольного резонанса молекулярной динамики, молекулярных и межатомных взаимодействий в кристаллах, разрабатываются методики численного моделирования ЯМР и ЯКР экспериментов, ведутся работы по созданию радиоспектроскопических методов и аппаратуры неразрушающих испытаний полимерных композиционных материалов.

Метод ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) занимает в радиоспектроскопии одно из ведущих мест. ЯКР-исследования приобретают особую актуальность в Пермском университете, так как в распоряжении его сотрудников имеются радиоспектрометры, перекрывающие диапазон резонансных частот от 1 МГц до 1 000 МГц, т.е. диапазон частот ЯКР практически всех кристаллов химических соединений, встречающихся в природе и известных к настоящему времени. В этом отношении наш университет – единственное научно-учебное заведение в мире, где имеется высокий потенциал для подобных исследований. Столь уникальная аппаратура разработана в Проблемной лаборатории радиоспектроскопии и на кафедре экспериментальной физики.

Наиболее широкое развитие получила ЯКР спектроскопия ядер галоидов  $^{35}\text{Cl}$ ,  $^{37}\text{Cl}$ ,  $^{79}\text{Br}$ ,  $^{81}\text{Br}$  для изучения меж- и внутримолекулярных взаимодействий, которые во многом определяют структуру кристаллов и их физико-химические свойства. Вместе с тем, спектроскопия ЯКР применялась для исследования йодсодержащих кристаллов лишь эпизодически. Следует отметить, что высокочастотная область ЯКР (150 – 1000 МГц) вообще освоена значительно слабее из-за экспериментально-методических трудностей.

Йодсодержащие соединения и кристаллы широко употребляются в диагностических и фармакологических препаратах, при создании электронных материалов и в других важных областях науки и техники.

На кафедре экспериментальной физики сконструированы и построены импульсный и модуляционный спектрометры ЯКР, позволяющие уверенно детектировать переходы  $\nu_{1/2-3/2}$  и  $\nu_{3/2-5/2}$  резонансного атома йода в диапазоне частот 200 – 1000 МГц. Ведутся систематические измерения частот ЯКР  $^{127}\text{I}$  в кристаллах всех основных классов йодсодержащих органических и элементоорганических соединений. Впервые получены и уточнены полные спектры ЯКР  $^{127}\text{I}$  более 150 соединений при 77 К.

Спин ядра  $^{127}\text{I}$  равен 5/2, следовательно, его спектр ЯКР позволяет найти величины параметра асимметрии градиента электрического поля и константы квадрупольной связи. В свою очередь, знание параметра асимметрии дает уникальную возможность определения компонент тензора ГЭП в окрестности резонирующего ядра.

Изучены и классифицированы спектральные проявления различных типов межмолекулярных и межионных взаимодействий в кристаллах йодсодержащих соединений. Выявленные корреляционные зависимости константы квадрупольной связи и параметра асимметрии с химическими реакционными константами в молекулярных йодсодержащих кристаллах имеют большое практическое значение и могут быть использованы для оценки реакционной способности йодсодержащих соединений в химических реакциях, протекающих как в жидкостях, так и в твердых телах.

Гамильтониан ядерного квадрупольного взаимодействия является функцией угловых координат, что при частотах колебаний молекул значительно больших частот ядерного квадрупольного резонанса, приводит к зависимости спектра ЯКР от среднеквадратичных амплитуд либрационных и торсионных колебаний. В настоящее время проводится исследование молекулярных кристаллов, образованных структурно жесткими молекулами. Если такие молекулы, обладающие центрами симметрии, занимают в кристалле положения в центрах инверсии, то в гармоническом приближении трансляционные и либрационные колебания разделяются.

По экспериментальным данным, полученным методом ЯКР, определяются компоненты тензора либрации, производится расчет характеристических частоты и температуры таких колебаний, определяются теплоемкость, энтропия и другие статистико-термодинамические функции либрационной подсистемы колебательного спектра кристаллов. В ряде случаев эта информация может быть получена другими физическими методами, что делая возможным осуществление комплексных исследований динамики решетки молекулярных кристаллов. Такие данные ЯКР-спектроскопии существенно расширяют объем знаний о физике молекулярных кристаллов.

В исследовании структуры вещества методами ЯМР и ЯКР имеет большое значение компьютерное моделирование наблюдаемых эффектов. Основная идея компьютерного моделирования заключается в решении квантовомеханических уравнений эволюции спиновой системы с последующим вычислением динамики наблюдаемых в эксперименте величин. Хотя приближенные численные методы и не могут полностью заменить натуральный эксперимент, они позволяют качественно понять поведение системы в тех или иных условиях, исследовать её реакцию на различные виды внешнего воздействия, встречающиеся в реальном эксперименте. Сопоставление результатов моделирования и экспериментальных данных позволяет лучше понять строение, динамику молекул, позволяет разрабатывать новые методики проведения эксперимента и, соответственно, его компьютерного моделирования.

Объективные потребности различных отраслей техники в новых конструкционных материалах привели к широчайшему использованию композитов на полимерной основе. В связи с этим первостепенную важность приобретает задача развития методической базы экспериментального исследования свойств этих материалов, создания новых методов неразрушающего контроля, основанных на применении методов радиоспектроскопии.

Работы по исследованию полимерных композиционных материалов методами ЯКР и диссипации энергии СВЧ излучения в гетерогенных диэлектрических средах ведутся на кафедре экспериментальной физики и в ПНИЛ радиоспектроскопии в сотрудничестве с Естественно-научным институтом при ПТУ и Институтом механики сплошных сред УрО РАН.

Разрабатываются методы интерпретации экспериментальных данных, позволяющие получать количественную информацию о кинетике процесса полимеризации и термомеханических процессах в системе матрица-наполнитель. Способы определения методом ЯКР упругих и термических характеристик стеклющихся полимерных композитов с дисперсными наполнителями защищены авторскими свидетельствами.

## **Физика магнитных жидкостей и жидких кристаллов**

В Пермском государственном университете данное научное направление уже стало традиционным для всех подразделений физического факультета. Пристальное внимание к магнитным жидкостям объясняется несколькими обстоятельствами: во-первых, это новые материалы, уже нашедшие своё применение в технике в качестве магнитных смазок, основы некоторых датчиков, в полиграфии; во-вторых, ферроколлоиды можно отнести к типичным системам взаимодействующих частиц, а, следовательно, появляется возможность моделирования поведения таких систем; в-третьих, магнитные жидкости привлекают внимание физиков уже только тем, что являются очень необычным объектом.

Магнитная жидкость — искусственный материал, технологией его изготовления определяется дисперсный состав коллоидного раствора ферромагнетика. Распределение частиц по размерам очень трудно задать при выращивании порошка магнитных частиц. Однако знать функцию плотности распределения по размерам магнитных частиц очень важно, поскольку свойства ферроколлоида зависят как от свойств жидкости-основы, так и от состава ансамбля взаимодействующих частиц.

В настоящее время на кафедре экспериментальной физики проводятся исследования магнитных жидкостей на основе воды и декана. Их свойства изучаются методом скрещенных постоянного и переменного магнитных полей и при помощи ультразвука. Метод скрещенных полей, позволяющий определять средний магнитный момент одной магнитной частицы и время релаксации намагниченности ферроколлоида, защищен авторским свидетельством.

Экспериментальные исследования и численное моделирование показали, что сигнал в скрещенных полях имеет ярко выраженную зависимость от дисперсного состава и от концентрации ферроколлоида. При этом теоретические модели хорошо согласуются с экспериментом. В частности, была исследована кинетика образования агрегатов из магнитных частиц при введении коагулятора. Изучается возможность проведения магнитогранулометрического анализа на основе экспериментов в скрещенных полях. Уже сегодня можно утверждать, что данные эксперименты позволяют внести уточнения в другие гранулометрические методики.

Наибольший интерес представляет изучение поведения ферроколлоидов, в которых роль несущей среды играет жидкий кристалл. Исследуются нематические и холестерические жидкие кристаллы, особенно холестерические жидкие кристаллы с большим шагом спирали (нематико-холестерические смеси). Разработаны методы и проведены измерения шага спирали, скорости и поглощения ультразвука в температурном интервале, включающем фазовый переход жидкий кристалл – изотропная жидкость.

Изучение магнитных жидкостей требует от учёных высокого профессионализма, глубоких знаний большинства разделов физики, математики, программирования, радиотехники и навыков постановки эксперимента, поэтому данное направление привлекательно для молодых и опытных физиков, где как не в физике магнитных жидкостей можно полностью раскрыть свои возможности?

### **Физика диэлектриков**

Проблема распространения света через оптически неоднородные (мутные) среды представляет, большой теоретический и практический интерес. На основе теоретических исследований появилась возможность проводить приближенный расчет оптических характеристик отдельных частиц сферической формы. Однако реальные рассеивающие частицы, как правило, имеют сложную форму, сильно отличающуюся от сферической. Наиболее сложные зависимости оптических свойств частиц от их размеров, формы, поглощения, плотности упаковки и других факторов наблюдаются, когда длина волны падающего света соизмерима с размерами частицы.

Эксперименты на отдельных частицах в оптическом диапазоне невозможны из-за отсутствия микроприемников света. Метод физического моделирования позволяет перенести опыты из оптической области в область СВЧ, где эксперименты проводить проще. При моделировании длина волны падающего излучения увеличивается по сравнению с длиной волны света примерно в 105 раз и модельное излучение попадает в СВЧ диапазон. Линейные размеры модельных частиц берутся во столько же раз больше размеров реальных частиц и лежат в пределах 1+30 см. Величина показателя преломления вещества модельных частиц по отношению к СВЧ излучению выбирается такой же, как у вещества реальных частиц для видимого света. В этом случае приемник излучения удается разместить в любой точке рассеивающей среды и даже внутри отдельной частицы.

Методом моделирования на СВЧ проводится большое число разнообразных исследований. Изучается распространение излучения внутри отдельной диэлектрической частицы произвольной формы. Исследуется дифракция излучения на отдельной частице с поперечными размерами меньше, больше и соизмеримыми с длиной волны падающего излучения. Исследовано прохождение и отражение излучения для ансамблей частиц кубической формы. Обнаружены эффекты затемнения и просветления ансамбля при увеличении плотности упаковки частиц. На монодисперсных ансамблях частиц впервые экспериментально обнаружена тонкая структура в зависимости фактора рассеяния от относительного размера (по отношению к длине волны излучения) частицы.

Методом моделирования изучается распространение света через черно-белые и цветные фотографические слои. Исследуется зависимость оптических характеристик модельных слоев от формы, размеров, плотности упаковки и поглощения света отдельных частиц. Изучается проблема оптической активности искусственной хиральной среды.

*А.С. Ажеганов, С.И. Гуцин, Н.Н. Кортаев,  
Б.И. Пирожков, ЮГ. Светлов*



## ***Золотарёв И.В., Кюнцель И.А., Сойфер Г.Б.*** **Проблемная лаборатория радиоспектроскопии**

Начало работ по радиоспектроскопической тематике в Пермском университете следует отнести к 1948 году, когда они были организованы профессором И.Г.Шапошниковым, переехавшим в Пермь из Казани – признанного центра в области радиоспектроскопии. Длительное время соответствующие исследования в университете проводились, главным образом, с целью развития теории, однако по мере становления научного направления возник вопрос о развертывании также и экспериментальных работ в данной области. На таком основании летом 1959 года в Пермском университете по инициативе профессора И.Г.Шапошникова была создана исследовательская лаборатория радиоспектроскопического профиля.

Одновременно с организационным периодом, связанным с подготовкой помещения, комплектацией лаборатории штатами, а также соответствующим оборудованием для обеспечения приборно-методической базы будущих исследований, велись поиски тематики для формирующихся научных групп. В этом плане продуктивными в 1959-1960 годах были непосредственные контакты с ведущими радиоспектроскопическими исследовательскими и приборостроительными организациями Москвы, Казани и Ленинграда. В результате к осени 1960 года в лаборатории сформировалось направление работ, научное руководство которыми было поручено И.Г.Шапошникову. При этом с конца 1960 года экспериментальные исследования по парамагнитной релаксации и электронному парамагнитному резонансу возглавил доцент А.И.Курушин, а по ядерному магнитному и квадрупольному резонансам – доцент В.С.Гречишкин, который участвовал в руководстве исследованиями всей лаборатории в 1963-1972 годы. В последующее время бессменным научным руководителем лаборатории оставался Заслуженный деятель науки Российской Федерации и Заслуженный Соросовский профессор И.Г.Шапошников.

В 1964 году в соответствии с приказом Министра высшего образования РСФСР лаборатория радиоспектроскопии перешла в категорию Проблемной и стала одним из трех основных научных подразделений Пермского госуниверситета наряду с Естественно-научным институтом и Вычислительным центром. Одновременно Проблемная лаборатория явилась ядром радиоспектроскопических исследований в Перми, фактически послужив источником их возникновения в ряде высших учебных заведений города, в результате чего были заложены основы Пермской научной школы в области радиоспектроскопии.

Проблемная лаборатория известна комплексными (теоретическими и экспериментальными) исследованиями в области спектроскопии ЯКР, ЯМР и ЭПР, которые в последние годы (1993-2000) поддерживались грантами РФФИ и Минобрнауки. Результаты этих исследований представлены многочисленными публикациями в центральных отечественных и международных научных журналах. Проблемной лабораторией подготовлены изданные Пермским университетом 21 выпуск сборника научных трудов «Радиоспектроскопия», который в 1974 году, начиная с 8-го выпуска, получил статус межвузовского.

На базе лаборатории сделано более 80 изобретений в области магнитного резонанса.

Проблемная лаборатория являлась организатором двух Всесоюзных Школ-симпозиумов по магнитному резонансу (Пермь, 1979 и 1991 годы), сотрудники лаборатории активно участвовали в подготовке и проведении Международного симпозиума по ЯКР в Москве в 1981 году. Научный руководитель лаборатории И.Г.Шапошников в течение нескольких лет представлял нашу страну в Международном комитете по ЯКР, а также входил в Международное общество радиоспектроскопистов AMPERE.

Проблемная лаборатория участвовала в обеспечении подготовки студентов (на уровне выполнения курсовых и дипломных работ) и аспирантов физического факультета Пермского университета. В области подготовки высококвалифицированных научных кадров следует отметить защиту выполненных на базе Проблемной лаборатории 4-х докторских и около 30 кандидатских диссертаций.

Результаты радиоспектроскопических исследований в Пермском университете, центром которых является Проблемная лаборатория, а также успехи в подготовке соответствующих специалистов были отмечены в 1997-1999 годах грантом государственной поддержки Ведущих научных школ России.

Научное направление Проблемной лаборатории на протяжении всего времени ее существования можно охарактеризовать как «Радиоспектроскопия конденсированных сред». Конкретная реализация этого научного направления включает в себя, с одной стороны, изучение строения, молекулярной и спиновой динамики твердых тел методами ЯКР, ЯМР и ЭПР, а с другой стороны, – аппаратные и методические разработки в области магнитного резонанса, связанные с их применением для анализа физико-химических свойств атомномолекулярных систем.

Основные научные результаты, полученные в Проблемной лаборатории в последние годы, состоят в следующем.

Разработаны и изготовлены автоматизированные радиоспектрометры для проведения многоимпульсных экспериментов в ядерном магнитном и ядерном квадрупольном резонансах, реализованы методики проведения таких экспериментов в твердых телах.

Осуществлен многоимпульсный спин-локинг (МИСЛ) в спиновых системах ядер с многоуровневым неэквидистантным энергетическим спектром, изучены зависимости квазистационарной намагниченности, эффективного магнитного поля и времени релаксации намагниченности во вращающейся системе координат от параметров МИСЛ. Впервые в спектроскопии ЯКР проведено наблюдение резонанса в эффективном поле многоимпульсных последовательностей, обнаружено резонансное поглощение на основной и комбинационных частотах.

Выявлены особенности основных механизмов ядерной квадрупольной релаксации в условиях МИСЛ. Установлено, что скорость затухания намагниченности во вращающейся системе координат в общем случае определяется спин-решеточной релаксацией, многоспиновыми резонансными процессами, а также энергетическим обменом зеэмановской подсистемы исследуемых квадрупольных ядер с дипольной подсистемой распространенных магнитных ядер.

Показаны возможности и преимущества использования методики МИСЛ в ядерном магнитном резонансе для исследования молекулярной динамики кристаллов, в том числе регистрации заторможенного движения квадрупольных ядер по релаксации намагниченности магнитных ядер, не участвующих в изучаемом движении. Методом многоимпульсного ЯМР в ряде поликристаллических соединений наблюдалось явление пермутационной подвижности атомов, изучено сложное движение асимметричных молекул и атомных групп в неравном энергетическом потенциале твердых тел.

Разработан теоретический метод описания спиновой динамики систем с неэквидистантным энергетическим спектром в сильных стационарных и импульсных радиочастотных полях, с чем связано открытие и исследование явления двухчастотного и трехчастотного спинового эха в ядерном квадрупольном резонансе.

Проведено исследование металлооксидных соединений методом ЯКР, включающее разработку теории эффектов Зеемана во внутренних и внешних магнитных полях, изучение связи спектральных и релаксационных характеристик со структурой, элементным составом этих соединений, их магнитоупорядоченными и сверхпроводящими свойствами.

Развита теория многомерной ЯКР спектроскопии и ее приложений при изучении внутренних взаимодействий в твердых телах и внешних воздействий на них (магнитные и электрические поля, температура, давление).

Разработаны методики измерения упругих и термических характеристик полимерных и композитных материалов методом ЯКР путем внедрения в эти материалы соответствующих кристаллических наполнителей.

Из результатов структурно-динамических исследований с использованием ЯКР спектроскопии наиболее важным является установление закономерностей внутрикристаллических термоактивированных молекулярных движений, имеющих нетривиальный характер для твердого состояния вещества, таких как реориентация асимметричных молекул и их фрагментов и нереоориентационная перегруппировка лигандов вокруг многокоординированного центрального атома без разрыва химических связей (псевдовращение),

Детально изучен методом ЯКР динамический процесс, относящийся к поворотному движению в твердых телах молекул с нарушенной осевой симметрией второго, третьего и шестого порядков. Поскольку при таких реориентациях асимметричные молекулы (или атомные группы) занимают неравноценные по энергии позиции в кристалле, то названное движение происходит между неравными потенциальными ямами, которые соответствуют основному и метастабильным равновесным молекулярным положениям. Последние представляют собой ориентационные дефекты в кристаллической решетке, и существенным в выполненных исследованиях является, во-первых, обнаружение самого факта термоактивированной молекулярной динамики, связанной с образованием ориентационных дефектов в конкретных кристаллах, а во-вторых, определение энергии активации этих дефектов.

Рассмотрение проводилось на основе теоретического и экспериментального изучения температурных зависимостей скорости спин-решеточной релаксации квадрупольных ядер, участвующих в молекулярных движениях между неравными ямами в двух- и трехъямных ориентационных потенциалах как периодических, так и ограниченных (характер потенциалов, в которых происходят реориентации, обусловлен особенностями строения молекул и кристаллов). В отдельных случаях при проведении исследований использовался также метод ЯМР твердого тела, и такой комплексный подход позволял получить более полную информацию о неравномысленных реориентациях молекул в изучаемых кристаллах. В целом молекулярное движение в неравномысленных ориентационных потенциалах изучено в Проблемной лаборатории почти в двух десятках кристаллических соединений.

Что касается явления псевдовращения, то впервые в твердом теле этот вид термоактивированной внутримолекулярной подвижности был обнаружен в Проблемной лаборатории радиоспектроскопии Пермского университета при исследовании температурного поведения ядерной квадрупольной спин-решеточной релаксации в кристаллических хлорсодержащих соединениях пентакоординированного фосфора, имеющих тригонально-бипирамидальное строение молекул. При дальнейшем подробном изучении обнаруженного движения совместно методами ЯКР и ЯМР были установлены его энергетические характеристики, что дало возможность прогнозировать подобную внутрикристаллическую динамику в других объектах. Впоследствии исследование твердых комплексных соединений трихлорида сурьмы с углеводородами, имеющих тригонально-бипирамидальное строение комплексных молекул, позволило полечить доказательства существования аналогичного обменного движения в этом классе комплексов. В ходе детального исследования целого ряда кристаллических комплексов трихлорида сурьмы методом ЯКР  $^{15}\text{Cl}$  впервые определены энергии активации обнаруженного движения, установлен диапазон их изменения в данных соединениях, начато изучение возможного влияния движения на спектральные и релаксационные параметры квадрупольных ядер центральных атомов сурьмы. Характерное тригонально-бипирамидальное строение комплексных молекул, доказанное в ряде комплексов рентгеноструктурным анализом, и одинаковое проявление движения в спектрах ЯКР и релаксации квадрупольных ядер во всех рассмотренных комплексах позволяет считать, что обнаруженное движение действительно имеет природу псевдовращения, и следовательно, может быть присуще широкому классу подобных координационных соединений не только сурьмы, но и других трехвалентных атомов УБ группы.

Проводимые в лаборатории многолетние исследования температурных зависимостей резонансных частот и квадрупольной спин-решеточной релаксации ядер хлора в кристаллических соединениях с различным строением привели к обнаружению эффекта сильного ангармонизма в молекулярных либрациях. Предложен метод регистрации этого эффекта, основанный на анализе величины стандартного отклонения экспериментальных точек при аппроксимации температурной зависимости частоты ЯКР полиномом второй степени.

В последние годы в Проблемной лаборатории подробно изучались модуляционные эффекты в ЯКР, возникающие при развитии термически активированных реориентационных движений атомных групп, невалентно связанных с резонирующим квадрупольным ядром. В ходе этих исследований доказана возможность существования в твердой фазе химических соединений реориентационного движения плоской группы  $\text{NO}_2$  около оси симметрии второго порядка. Впервые рассмотрено количественно действие реориентационных движений внешних по отношению к резонирующим квадрупольным ядрам атомных групп не только на квадрупольную релаксацию, но и на резонансную частоту этих квадрупольных ядер. Предложен метод регистрации модуляционного действия на частоту ЯКР в молекулярных кристаллах, аналогичный методу, разработанному для регистрации ангармонических эффектов. Метод позволяет, с одной стороны, установить температурные границы применимости обычного для молекулярных кристаллов квазигармонического приближения при описании температурной зависимости резонансной частоты, а с другой – выделить чистый вклад вышеназванного термоактивированного движения в эту температурную зависимость.

Методом ЭПР изучены процессы парамагнитной релаксации в ионных кристаллах солей переходных групп, исследовано строение донорно- акцепторных комплексов, в частности, на основе сульфаниламидных соединений. Изучены магнитные свойства феррожидкостей, электронное строение органических полупроводниковых материалов и спиновая динамика в них, центры окраски в кристаллах; процессы метаболизма, радиационные дефекты в биологических тканях; проведены концентрационные измерения парамагнитных микропримесей в различных объектах.

*И.В. Золотарев, И.А. Кюнцель, Г.Б. Соifer*

## ***Волынец А.Б., Спивак Л.В.*** **Кафедра физики твердого тела**

История кафедры физики твердого тела восходит к довоенным временам, когда в Пермском университете была создана лаборатория рентгеноструктурного анализа. Основателями структурных исследований выступили тогда профессор Борис Иннокентьевич Зубарев (впервые в России получивший лауэграмму) и старший преподаватель Филипп Петрович Бугра, который позднее участвовал в советском атомном проекте, где блестяще себя зарекомендовал. На начало войны лаборатория была представлена двумя рентгеновскими аппаратами (один с электронной, другой с ионной трубкой). По воспоминаниям одного из старейших сотрудников университета Натальи Никитичны Осипенко (она пришла в Пермский университет в сентябре 1941 года), техника эта была далека от совершенства, а на безопасность труда вообще не обращали внимания. Кто и сколько получал рентген при работе на аппаратах, нигде и никем не фиксировалось. В ходу были ртутные манометры и совершенно недопустимые по современным меркам экологической безопасности паратртутные вакуумные насосы. Высоковольтное оборудование имело крайне низкую степень электробезопасности.

Лаборатория эта располагалась в старом здании химического корпуса, а нынешний второй учебный корпус занимал Наркомат Угля. Уже после войны лаборатория рентгеноструктурного анализа была передана кафедре экспериментальной физики. Позднее в состав ее сотрудников влились Борис Николаевич Варской (ныне доцент кафедры физики твердого тела), Ираида Константиновна Утробина (ныне дозиметрист кафедры физики твердого тела, начальник службы радиационной безопасности Пермского университета), Драк Анна Борисовна, Томилова Леда Алексеевна, Кузнецова Елена Викторовна, Серебрякова Тамара Викторовна, Федорова Надежда Михайловна, Малинина Людмила Николаевна, Скрябина Наталья Евгеньевна, Двигунов Владимир Сергеевич. Совершенствовался и рос аппаратный парк этой лаборатории, которая со временем переселилась во второй учебный корпус.

Возникновение проблемной лаборатории ультразвука, также послужившей базой для формирования кафедры, связано с приездом в Пермь в 1959 году доцента Ефима Григорьевича Айзенсона. Данная лаборатория была учреждена в 1959 году отделом науки Уральского Совнархоза и первоначально входила в состав Естественно-научного института при Пермском государственном университете. Позднее она вошла в состав кафедры экспериментальной физики. Ее сотрудниками являлись Лев Волькович Спивак (ныне профессор кафедры физики твердого тела), Ираида Константиновна Утробина, Сталина Николаевна Боброва, Александр Иванович Уваров, Лев Михайлович Гревнов, Владимир Павлович Вылежнев и др.

Основные научные достижения ультразвуковой лаборатории связаны с циклом работ по влиянию ультразвуковых колебаний на фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах (1959-1975): ускорение дисперсионного старения нимонокристов и трансформация диаграмм изотермического распада переохлажденного аустенита при наложении ультразвукового поля.

В 60-е годы в Пермском университете появился первый электронный микроскоп, который также располагался на территории кафедры экспериментальной физики во втором учебном корпусе. Позднее был приобретен еще один электронный микроскоп. В результате образовалась лаборатория электронной микроскопии, которой заведовали сначала Гревнов Л.М., затем Беклемышев Владимир Иванович, Бачурихин Владимир Павлович (по настоящее время).

Собственно из этих лабораторий и образовалась кафедра металлофизики, которая долгое время существовала на общественных началах под руководством Ефима Григорьевича Айзенсона. После защиты Ефимом Григорьевичем докторской диссертации приказом МВ и ССО СССР № 236 от 22.05.1974 г. кафедра металлофизики была переименована в кафедру физики металлов и учреждена официально, став отдельным подразделением Пермского госуниверситета.

В целом нужно отметить, что научные интересы преподавателей и сотрудников кафедры физики металлов никогда не ограничивались только металлами и их сплавами. В этом плане следует отметить работы доцента Б. Н. Барского, посвященные шпинельным твердым растворам (ферритам). Его исследовательской группой, в которую входят старший преподаватель Н. М. Федорова и ведущий инженер Л. Н. Малинина, синтезированы многие подобные системы, которые ими же и были исследованы с применением филигранных рентгеновских методик. Результатом явилось установление основополагающих закономерностей в цепочке состав — структура — свойства применительно к данному классу материалов. Именно в этом научном направлении развивались исследования, проводимые в рамках лаборатории рентгеноструктурного анализа кафедры физики металлов. Важно отметить, что именно на лабораторию рентгеноструктурного анализа лег в дальнейшем основной груз образовательного процесса кафедры, а школа рентгенистов, созданная Б.Н. Варским и Н.Н. Осипенко, известна далеко за пределами университета.

Что касается ультразвуковой лаборатории, то в рамках кафедры физики металлов она трансформировалась в лабораторию металловедения. Поскольку ультразвуковое поле зачастую способствует релаксации внутренних упругих напряжений, то исследование этих процессов вылилось в дальнейшем в анализ явлений релаксации, внутреннего трения, прямого и обратного механического последействия (Л.В. Спивак, А.Б. Волынец).

В настоящее время область научных интересов преподавателей и сотрудников кафедры физики твердого тела, сфокусирована, главным образом, на следующих направлениях:

- Системы металл — водород, которые имеют особое значение для физики твердого тела, поскольку являются модельными и удобными для экспериментального исследования закономерностей фазовых переходов различного типа. Эта проблема имеет также огромное прикладное значение, поскольку тесно связана с деградацией при работе в водородосодержащих средах конструкционных материалов ответственного назначения, используемых в аэрокосмической технике, нефтяной, газовой и химической промышленности, на предприятиях ядерной энергетики.

В настоящее время широкое применение термоядерной энергии сдерживается отсутствием материалов для рабочей стенки реакторов водородного синтеза, непосредственно взаимодействующей в критическом режиме с водородной плазмой установки. Нелишне напомнить, что следующее тысячелетие – это время экологически чистых технологий, к которым, в первую очередь, относится водородная энергетика, основанная на применении водорода в двигателях внутреннего сгорания, турбинных агрегатах различного назначения и т.п.

В рамках данного научного направления исследуются различные аспекты взаимодействия водорода и его изотопов, дейтерия и трития, с кристаллическими и аморфными металлическими материалами. Именно этой научной школе, возглавляемой профессором Л.В. Спиваком, принадлежит приоритет в обнаружении и исследовании неизвестных ранее в физике эффектов взаимодействия водорода с металлами. К ним, в первую очередь, следует отнести следующее.

Обнаружение и исследование ускорения на несколько порядков деформации прямого и обратного механического последствия при совместном действии высокоградиентных силовых и концентрационных полей в системе Fe-H (Fe-D).

Обнаружение и исследование деформационного отклика в термодинамически открытых системах Pd-H, V-H, Nb-H, Zr-H, Ta-H, Ti-H.

Открыта водородная хрупкость в сплавах на основе интерметаллида TiNi различного состава.

В физику прочности и пластичности введены представления: о существовании синергических деформационных эффектов (явления синергизма) в термодинамически открытых системах металл-водород. Установлены критерии, необходимые и достаточные для наблюдения таких эффектов. Показано существование концентрационных эффектов пластичности превращения, памяти формы, деформации ориентированного превращения и т. п., обусловленных только изотермическим изменением концентрации одного из компонентов сплава.

Построена физико-математическая модель синергических эффектов микропластичности на основе представлений Мауэра и Зауппе.

Особо следует отметить успехи этой школы в области изучения взаимодействия водорода и дейтерия с аморфными металлическими сплавами (АМС). Здесь также обнаружены синергические эффекты микропластичности, аномалии упругих констант и электропроводности при взаимодействии водорода (дейтерия) с АМС на основе Fe, Co, Ni, Nb, Pd и других металлов.

Открыт (1997 г.) так называемый "Pen-X" эффект в аморфных сплавах типа "Finemet" и 2НСР. Это сформировало новое направление исследований фундаментального и прикладного характера, которое сейчас успешно развивается.

В 2000 году открыто явление многократного увеличения ЭДС Баркгаузена в содержащих водород или дейтерий АМС на основе железа. С этой тематикой связано новое направление исследований данной научной школы – анализ перестройки тонкой магнитной структуры материалов под воздействием протия и дейтерия.



Заметное место в этих исследованиях уделено выяснению природы изотопических эффектов такого взаимодействия.

Новый импульс в этих разработках связан с вовлечением в процесс изучения фундаментальных основ природы взаимодействия водорода с металлами, таких прецизионных методов исследования, какими являются ядерный магнитный резонанс и электронный парамагнитный резонанс.

Необходимо отметить и ряд очевидных прикладных аспектов результатов исследований, проводимых данной научной школой. Это, в первую очередь, связано с огромным вниманием, которое в развитых странах уделяется экологически чистой водородной энергетике. Тем более, что уже возникает проблема с истощением традиционных источников энергоносителей (газ, нефтепродукты и т.п.).

Значимым достижением в решении этих проблем явилась разработка принципиально нового метода оценки работоспособности материалов в условиях совместного действия высокоградиентных полей напряжений и высокоинтенсивных диффузионных и радиационных воздействий. Эта методика позволяет резко повысить надежность и эксплуатационные характеристики конструкционных материалов атомной и водородной энергетике, из которых изготовлены наиболее напряженные элементы конструкций. Актуальность и необходимость этих исследований очевидна, поскольку аварии из-за несовершенства используемых материалов часто носят катастрофический характер для человека и среды его обитания. За работы в этом направлении руководитель школы Л.В. Спивак награжден "Серебряным дипломом" Международной ассоциации по водородной энергетике. Результаты научных исследований школы включены в справочник "Материалы с эффектом памяти формы" (Санкт-Петербург, 1997) и в Bank Hydrogen – Data (Hydrogen-material interactions) Centre National de la Recherche Scientifique, France, ESA/IRS, file 129.

Руководитель школы является членом Оргкомитета от России на конференции по водородной энергетике, которая должна состояться в 2002 году в Серове (Арзамас-16). Ему четырежды присвоено звание "Соросовский профессор". Л.В. Спивак курирует в международном журнале "Alternative Energy and Ecology" раздел по материаловедческим проблемам водородной энергетике. Руководимая им группа специалистов участвует в Образовательной и научной международной программе "Альтернативная энергетика и экология в проектах МНТЦ". Профессора кафедры Н.Е. Скрябина и Л.В. Спивак являются членами Постоянно действующего международного Симпозиума по безопасности и экономике водородного транспорта (IFSSENT).

Научные исследования в этом направлении неоднократно поддерживались Российским Фондом Фундаментальных Исследований (94-01-01060, 9402-04642, 99-06-1080), грантами "Университеты России" 1998, 1999, 2000 гг., грантами Минобразования, 1999-2000 гг., 2001 г. В настоящее время ведутся переговоры о привлечении сотрудников этой школы к выполнению государственной научной международной программы по Проекту 1580 ISTC, в котором планируется участие Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (ВНИЭФ), Университета Майами (США), Университета Центральной Флориды (США), Политехнического Университета (Испания), Токийского университета (Япония).

- Компьютерное моделирование поведения материалов в экстремальных условиях: облучение, ударное нагружение, а также различные аспекты поведения материалов, подвергнутых воздействию рентгеновского лазера с ядерной накачкой, который может являться основным компонентом системы противоракетной обороны космического базирования.

Руководителем данного научного направления является заведующий кафедрой профессор Анатолий Борисович Волынцев. Им разработан принципиально новый механизм пластификации твердых тел при ударно-импульсном нагружении, который связан с атермическим переползанием дислокаций различных знаков и их поляризацией. Поляризация дислокационных ансамблей приводит к росту внутренних упругих напряжений, уровень которых, как показали расчеты, может превысить теоретический предел прочности кристаллических материалов.

Механизм поражения баллистических ракет импульсными, и в том числе рентгеновскими лазерами с ядерной накачкой, основан на том, что при интенсивном облучении оболочки ракеты ее тонкий поверхностный слой испаряется, унося с собой значительный механический импульс. Тогда в силу закона сохранения импульса возникает действующий на оболочку реактивный импульс отдачи. Учитывая, что ракеты на активном участке их полета представляют собой хотя и жесткие, но тонкостенные конструкции, указанный реактивный импульс отдачи может привести к разрушению их топливных баков.

Расчеты, выполненные группой А.Б. Волынцева (Анатолий Николаевич Шилов, Александр Борисович Оконешников), показали, что учет данного механизма пластификации твердых тел при ударно-импульсном нагружении может понизить общепринятый энергетический порог поражения оболочек баллистических ракет импульсными лазерами с 20 до 1 кДж/см<sup>2</sup>. Этот вывод имеет принципиальное значение в плане разработки систем космических вооружений и оценки их эффективности.

В последнее время научные интересы профессора А.Б. Волынцева все более склоняются в область исследования процессов самоорганизации реальной структуры твердых тел, содержащих дефекты кристаллического строения под влиянием внешних стохастических воздействий. В частности, им совместно с аспирантом Алексеем Васильевичем Рагтом методом компьютерного эксперимента была установлена возможность существования принципиально новой равновесной дислокационной конфигурации – дислокационных квадруполей. При этом было показано, что этот тип структуры может быть сформирован из первоначально гомогенного бесструктурного распределения дислокаций под влиянием внешних стохастических воздействий.

Помимо чисто прикладного значения (поскольку дислокационные квадруполи могут являться зародышами микротрещин), данный результат имеет крайне важное фундаментальное значение, так как является наглядной иллюстрацией элементарного акта «творения» сложного из простого под влиянием бессистемных стохастических воздействий (хаос формирует порядок).

Значительные научные достижения профессора А.Б. Волынцева связаны с исследованием неупругих явлений в твердых телах, обусловленных эволюцией несовершенств в строении кристаллов. Им выполнены основополагающие работы по экспериментальному исследованию и установлению физических механизмов деформационной наследственности в реальных твердых телах. Компьютерные модели, созданные под его руководством, позволили впервые описать всю гамму эффектов наследственной механики дислокационных ансамблей, наблюдаемых в однофазных системах.

А.Б. Волынцевым также предложен принципиально новый способ расчета микронапряжений, обусловленных включением частиц второй фазы – метод псевдодислокаций.

В ходе исследования неупругих свойств порошковых материалов исследовательской группой под руководством А.Б. Волынцева обнаружен эффект аномального низкотемпературного спекания этих материалов. Этот результат, помимо фундаментального, имеет и большое практическое значение. В настоящее время аспирантом кафедры Н.В. Авданкиным разрабатывается математическая модель для описания ранних этапов спекания порошковых материалов.

В целом, экспериментальные и теоретические исследования, выполненные под руководством профессора А.Б. Волынцева в области наследственной механики дефектных структур кристаллов, намного опережают как по глубине постановки, так и по достигнутым результатам аналогичные исследования, ведущиеся за рубежом.

Исследования, выполненные под руководством А.Б. Волынцева, были поддержаны многими грантами РФФИ и Министерства образования РФ.

- В последнее время научные интересы кафедры распространяются в область интегральной оптики, которая находит все более широкое применение в технике. На базе интегрально-оптических компонентов создаются различные оптические схемы, например, интерферометры, модуляторы интенсивности света, вращатели плоскости поляризации, модуляторы фазы света и т.д. Одним из наиболее перспективных направлений интегральной оптики является разработка навигационных приборов нового поколения – волоконно-оптических гироскопов. Важнейшим элементом во всех этих приборах являются нелинейные кристаллы ниобата и танталата лития. Именно эти кристаллы представляют собой объект исследования с помощью уникальной рентгеновской аппаратуры, имеющейся на кафедре (например, двухкристальный спектрометр).

Принципиальная новизна постановки задач в области интегральной оптики привела к необходимости создания филиала кафедры в ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ОАО ПНППК). Данное предприятие является ведущим разработчиком и промышленным производителем элементов интегральной оптики и, в первую очередь, волоконно-оптических гироскопов и их компонентов.

В настоящее время создание новых технологий требует таких капитальных вложений, которые могут быть реализованы лишь на базе крупных производственных объединений. Но они, в свою очередь, требуют вливания интеллектуального потенциала вузов. Поэтому для решения научно-производственных задач, связанных с разработкой и налаживанием серийного производства интегрально-оптических приборов, при ОАО ПНППК создан научный центр, одна из лабораторий которого, возглавляемая профессором А.Б. Волынцевым, укомплектована сотрудниками Пермского госуниверситета.

Из других научных направлений следует отметить, что на кафедре под руководством доцента Бориса Николаевича Барского продолжаются исследования оксидных полупроводников – шпинельных твердых растворов, обладающих уникальным комплексом магнитных и электрических характеристик. Его исследовательской группой синтезированы и исследованы следующие системы:

- ванадит магния и цинка с ферритом железа  $(MgV_2O_4)_x(Fe_3O_4)_{1-x}, (ZnV_2O_4)_x(Fe_3O_4)_{1-x}$
- ванадит кобальта и никеля с ферритом никеля  $(CoV_2O_4)_x(NiFe_2O_4)_{1-x}, (NiV_2O_4)_x(NiFe_2O_4)_{1-x}$
- хромат никеля с ферритом никеля  $(NiCr_2O_4)_x(NiFe_2O_4)_{1-x}$
- феррит кобальта с ванадитом кобальта  $(CoV_2O_4)_x(CoFe_2O_4)_{1-x}$
- ванадит магния и цинка с ферритом кобальта  $(MgV_2O_4)_x(CoFe_2O_4)_{1-x}, (ZnV_2O_4)_x(CoFe_2O_4)_{1-x}$

Результаты, полученные в данном направлении, получили общемировое признание.

В целом, научные направления, развиваемые кафедрой физики металлов, к середине девяностых годов настолько вышли за рамки ее названия, что это потребовало ее переименования. Поэтому с 1996 года она называется кафедрой физики твердого тела и в настоящий момент является выпускающей кафедрой по специальности “Физика конденсированного состояния вещества”.

В ходе учебного процесса студенты, обучающиеся по специальности “Физика конденсированного состояния вещества”, получают, прежде всего, глубокие знания в области наук, изучающих атомно-молекулярное строение вещества: структурная кристаллография, кристаллофизика, физика квазиупорядоченных и неупорядоченных систем, физика реальных кристаллов, физика жидких кристаллов, физика металлов, физика полупроводников и диэлектриков, оксидные магнитные полупроводники. Они изучают также различные физические методы исследования структуры кристаллических, квазикристаллических и аморфных систем: дифракционного структурного анализа, электронной и оптической микроскопии, измерения электрических, магнитных и тепловых свойств, а также анализа упругих и пластических свойств различных материалов.

Особенностью образовательного процесса, осуществляемого на кафедре физики твердого тела, является то, что каждая лабораторная работа, выполняемая на кафедре, представляет собой, по сути дела, микроисследование, в ходе которого студенты сами своими руками получают информацию о том, как именно, в каком порядке и на каких расстояниях располагаются атомы в кристаллической решетке, какова конкретная структура различных материалов

и как эта структура связана с их физическими свойствами. С 2001 года начался учебный процесс в филиале кафедры на территории ОАО ПНПГЖ.

Необходимость применения полученных знаний не только в теории, но и на практике обуславливает введение в программу обучения таких спецкурсов как водород в металлах, аморфные металлы, физические свойства металлов и сплавов, основы физики прочности и пластичности, взаимодействие электромагнитного излучения с веществом, особые случаи деформации и многие другие. Студенты, специализирующиеся по физике конденсированного состояния вещества, получают не только глубокие знания в области компьютерных систем и технологий, включая различные методы компьютерного моделирования, но и знакомятся с физическими принципами функционирования твердотельных интегральных схем и методами промышленного изготовления тех самых чипов, на основе которых работают все компьютеры и другие современные радиоэлектронные приборы. Выпускники Пермского государственного университета, получившие подготовку по специальности “Физика конденсированного состояния вещества”, ориентируются на работу в следующих отраслях:

- машиностроение нефтяной и газовой промышленности;
- аэрокосмическая техника;
- ракетостроение (реакторы деления и синтеза);
- точное машиностроение, в первую очередь – навигационные приборы;
- » связь, главным образом волоконно-оптические системы;
- компьютерные системы и технологии, включая методологию изготовления интегральных схем.

Таким образом, выпускники, обучавшиеся по данной специальности, обеспечены интересной, высокооплачиваемой работой и будут пользоваться повышенным спросом.

*В рамках специальности “Физика конденсированного состояния вещества” имеются две специализации: “Физика кристаллов” и “Физика металлов”.*

**Специализация “Физика кристаллов”** предусматривает более глубокое ознакомление студентов с методами дифракционного структурного анализа, а также с методологией современной твердотельной микроэлектроники.

**Специализация “Физика металлов”** предполагает более глубокое ознакомление с основами современного материаловедения. Она ориентирована на подготовку специалистов по созданию новых материалов в машиностроении и разработке технологических процессов, повышающих долговечность существующих материалов.

Обе специализации направлены на подготовку не только практиков, готовых непосредственно включиться в производственный процесс, но и широко образованных исследователей, решивших посвятить себя глубоким фундаментальным исследованиям.

Физика конденсированного состояния вещества – это именно та область знаний, где новейшие фундаментальные открытия быстро находят непосредственное практическое применение. Наиболее показательный пример – это взрывное развитие компьютерных и информационных технологий, материальной основой которых являются элементы твердотельной микроэлектроники.

Процесс обучения по специальности “Физика конденсированного состояния вещества” неразрывно связан с научно-исследовательской работой. Студенты принимают активное участие в исследовательских проектах, выполняя курсовые и дипломные работы; многие из них проводят эти исследования непосредственно на предприятиях, заинтересованных в конкретных научных разработках и оплачивающих данные проекты. Научные исследования и учебный процесс обеспечены всем необходимым оборудованием.

Молодые люди, желающие серьезно заниматься наукой, могут продолжить обучение в аспирантуре, прием в которую осуществляется на конкурсной основе. Для подготовки кадров высшей квалификации имеется докторантура по специальности “Физика конденсированного состояния вещества”; регулярно работает специализированный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальности “Физика конденсированного состояния вещества”.

*А.Б. Волынец, Л.В. Спивак*

***Захлевных А.Н., Любимов Д.В., Марценюк М.А.,  
Непомнящий А. А., Хеннер В.К., Хеннер Е.К.***  
**Кафедра теоретической физики**

**Общие сведения**

Кафедра теоретической физики Пермского государственного университета организована в 1953 году профессором Иваном Григорьевичем Шапошниковым после разделения кафедры теоретической физики и металлофизики. Исключительно высокая научная и общая культура, умение безошибочно распознавать людей дали возможность И.Г.Шапошникову объединить на кафедре исключительно работоспособный творческий коллектив. Кафедра стала притягательным центром физической науки в Перми и области.

За прошедшие 48 лет по профилю кафедры окончили университет около 360 выпускников, из них свыше 100 человек защитили кандидатские диссертации, докторами наук стали 29 человек.

Кафедра обучает студентов всех специальностей физического факультета и специализирует студентов направления «Физика» и специальности «Физика» в области теоретической физики. Кафедра ведет обучение по двум программам подготовки магистров по направлению «Физика». Кафедра готовит аспирантов по специальностям «Физика твердого тела» и «Механика жидкости, газа и плазмы».

Кафедра обладает высококвалифицированным профессорско-педагогическим составом: из 14 преподавателей кафедры 5 – доктора физико-математических наук, 9 – кандидаты наук.

Три сотрудника кафедры получили почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» – это профессора И.Г.Шапошников, Г.З.Гершуни, М.И.Шлиомис. Профессор А.Н.Захлевных является Почетным работником высшего профессионального образования Российской Федерации. Г.З.Гершуни и Любимов Д.В. получили звание Соросовского профессора, И.Г. Шапошников – Заслуженного Соросовского профессора, А.Н.Захлевных и Б.Л.Сморodin – звания Соросовских доцентов. Профессор Д.В.Любимов является лауреатом Премии первой степени Пермской области имени А.А.Поздеева, профессор В.К.Хеннер – лауреатом Первой премии Объединенного института ядерных исследований (Дубна). Д.В.Любимову и В.К.Хеннеру назначена Государственная научная стипендия.

**Научная работа**

С самого основания кафедры на ней сформировались два основных научных направления: радиоспектроскопии и теоретической гидродинамики. В этих областях сотрудникам кафедры принадлежат основополагающие работы, получившие широкое признание как в нашей стране, так и за рубежом. Именно эти две научные школы, единственные в Перми, получили официальный статус Ведущих научных школ России.

Кроме названных, в настоящее время на кафедре активно развиваются исследования по новым перспективным научным направлениям – физике магнитных жидкостей и жидких кристаллов и физике элементарных частиц.

Кафедра занимает лидирующее положение в университете по количеству грантов российских и международных научных фондов. На протяжении ряда лет она занимает одно из первых мест по научной работе среди кафедр Университета, а в 1999 и 2000 годах заняла второе место в областном конкурсе кафедр ВУЗов.

## **Гидродинамика**

В период, непосредственно предшествовавший созданию кафедры теоретической физики, на физическом факультете возникло научное направление, имеющее своими задачами изучение различных конвективных явлений и смежных вопросов гидродинамики и теплофизики. Это направление стало одним из главных и для кафедры теоретической физики.

Огромный цикл исследований, проведенных в этой области под руководством сначала И.Г.Шапошникова и В.С.Сорокина, а затем Г.З.Гершуни и Е.М.Жуховицкого, увенчался созданием двух монографий, по праву считающихся классическими. В настоящее время исследования в области гидродинамики ведутся на кафедре по нескольким направлениям, основные из которых следующие:

**Конвективная устойчивость механического равновесия.** Основные усилия направлены на исследование спектров возмущений, границ устойчивости, характеристик критических возмущений под влиянием внешних воздействий: магнитное поле, вращение, неоднородность состава и т.д.

**Устойчивость стационарных конвективных течений.** Создание эффективных численных методов решения амплитудных задач, теоретическое и экспериментальное изучение влияния на устойчивость осложняющих факторов.

**Нелинейные режимы и турбулентность.** Исследование конечноамплитудных режимов конвекции, возникающих после потери устойчивости. Создание адекватных динамических моделей исследования механизмов хаотизации. Изучение развитой турбулентности с помощью моделей замыкания.

**Конвективный пограничный слой.** Открытые пограничные слои над источниками тепла, пристенные замкнутые пограничные слои.

**Конвективные явления в смесях.** Эффекты двойной диффузионной конвекции.

**Конвекция в электрических и магнитных полях.** МГД воздействия на конвективную устойчивость. Задачи МГД-обтекания. Конвекция в феррожидкостях. Электродинамика слабопроводящих жидкостей.

**Жидкости с особыми свойствами.** Конвекция в реологически сложных средах. Конвективная фильтрация в пористых средах. Жидкости с внутренним вращением.

**Модуляционные эффекты в конвекции.** Изучение конвекции в условиях модуляции параметра (градиента температуры, ускорения силы тяжести, скорости вынуждающего течения). Параметрические механизмы неустойчивости.



**Конвекция в слоистых системах.** Термокапиллярная и термоконцентрационная конвекция в средах с границей раздела и свободной поверхностью.

**Термовибрационная конвекция.** Средние конвективные течения в высокочастотном вибрационном поле в невесомости и в поле тяжести. Метод осреднения. Устойчивость квазиравновесия. Нелинейные режимы. Случай неоднородной вибрации.

**Моделирование крупномасштабного вихреобразования.** Развитие циклонического и антициклонического движения в неоднородно нагретой вращающейся жидкости.

Не претендуя на полноту охвата, охарактеризуем более подробно некоторые из направлений.

### **Конвективная устойчивость**

Фундаментальные результаты по линейной и нелинейной устойчивости механического равновесия подогреваемой снизу жидкости были получены в 1953 году В.С.Сорокиным. В последующие годы в работах Г.З.Гершуни, Е.М.Жуховицкого, Ю.К.Братухина, М.И.Шлиомиса и их учеников были рассмотрены многочисленные конкретные задачи устойчивости механического для областей различной формы, различных граничных условий, с учетом влияния диффузных процессов, вращения, магнитного поля и других факторов.

Исследования по устойчивости конвективных течений были начаты Г.З.Гершуни и Е.М.Жуховицким с учениками в середине 1950-х годов со ставшей классической задачи о конвективном движении в нагреваемом сбоку вертикальном слое. В последующие годы эти исследования были распространены на другие конвективные течения и направлены на учет различных осложняющих факторов.

В середине 1960-х годов в работах Г.З.Гершуни, Е.М.Жуховицкого и Е.Л.Тарунина впервые в мире были применены численные конечно-разностные методы с применением ЭВМ для исследования нелинейных задач теории конвективной устойчивости.

Выполнение всего цикла исследований конвективной устойчивости вывело Пермскую гидродинамическую школу в лидеры научного направления, связанного с конвективными процессами, не только в нашей стране, но и в мировом масштабе.

### **Гидродинамические флуктуации вблизи порога конвекции**

Важный аспект теории конвективной устойчивости связан с изучением гидродинамических флуктуаций вблизи порога конвекции. Интерес к изучению флуктуаций обусловлен тем обстоятельством, что они представляют собой постоянный источник возмущений. Хотя флуктуации, вообще говоря, малы, вблизи границы устойчивости они становятся значительными. В.М.Зайцев и М.И.Шлиомис для описания флуктуаций вблизи порога конвекции ввели «сторонние» члены в уравнения движения и переноса тепла и использовали корреляционные соотношения Ландау – Лифшица для компонент тензора «сторонних» напряжений и вектора «стороннего» теплотока.

В линейном приближении флуктуации определяются неоднородной системой уравнений, в которой сторонние члены играют роль источников. Рассмотрены случаи дискретного и непрерывного спектров декрементов. Показано, что при подходе к границе устойчивости средний квадрат амплитуды и время корреляции флуктуаций растут обратно пропорционально надкритичности.

#### **Динамические системы**

В цикле исследований, начатых в 1978 году Д.В.Любимовым и В.И.Чернатынским, были построены конечномерные модели тепловой конвекции в так называемой ячейке Хеле-Шоу. Эти модели впервые позволили получить сложные, в том числе хаотические, режимы поведения в маломерных системах, допускающие прямое сопоставление с экспериментом. Такие эксперименты были осуществлены на кафедре общей физики ПТУ Г.Ф.Путиным. Результаты этих исследований были включены в учебники и монографии разных авторов. Изучение конечномерных моделей, описывающих термовибрационную конвекцию, позволило Д.В.Любимову совместно с его аспирантом

М.А.Заксом обнаружить новый сценарий перехода к хаотическому поведению, сочетающий свойства механизма Лоренца, связанного с гомоклиническими бифуркациями, и механизма Фейгенбаума, связанного с последовательным усложнением периодических движений.

#### **Спирально-турбулентная конвекция**

В работах Г.З.Гершуни, Д.В.Любимова и Б.Л.Смородина в рамках линейной теории исследована устойчивость квазиравновесия спирально турбулентной жидкости. Решена задача о возбуждении конвекции во вращающемся горизонтальном слое с теплоизолированными границами. На основе модельных нелинейных уравнений спиральной конвекции изучен характер ветвления конвективных валов. Исследованы стационарные и нестационарные надкритические двумерные режимы конвекции: стационарные валы, бегущие волны с постоянной амплитудой, амплитудно – и фазово-модулированные бегущие волны, а также нерегулярные режимы различных типов.

#### **Конвекция в пористой среде**

В 1973 г. Д.В.Любимовым было открыто явление множественности стационарных решений уравнений тепловой конвекции в пористой среде для замкнутой полости, не связанное с геометрическими или внутренними симметриями задачи. Это явление положило начало исследованиям в новой области математической физики, получившей впоследствии название теории косимметрии. В последние годы Д.В.Любимовым и его учеником Д.А.Брацуном на основе теории косимметрии были проведены исследования бифуркаций однопараметрических семейств неподвижных точек и перехода к хаосу в системах с косимметрией.

#### **Неньютоновские жидкости**

В неньютоновских жидкостях мгновенные напряжения однозначно определяются мгновенными деформациями, но, в отличие от ньютоновской жидкости, связь соответствующих тензоров не является линейной. Вопрос о развитии конвекции в неньютоновской степенной жидкости подогреваемой снизу, требует, вследствие этого, существенно нелинейного подхода.

Общие закономерности поведения выяснены в работах Т.1 [Любимовой]. Показано, что в дилатантном случае при сколь угодно малом градиенте температуры развитие возмущений приводит к стационарному конечноамплитудному движению. В случае псевдопластика при числах Рейля, превышающих пороговое, возможны два стационарных конечноамплитудных движения, таким образом, конвекция возбуждается жестко.

### **Многофазные среды**

В цикле работ Д.В.Любимова, Т.П.Любимовой и А.А.Черепанова, начатом в 1984 г., развит новый подход к исследованию закономерностей динамики многофазных систем (две несмешивающиеся жидкости, газ – жидкость, сыпучая среда – жидкость) в полостях, совершающих высокочастотные поступательные вибрации. Построена теория удивительного явления – образования “застывшего” волнового рельефа на поверхности раздела несмешивающихся жидкостей при касательных вибрациях. Теоретически исследовано поведение твердых тел различной формы в жидкости в вибрационном поле. Найдены силы и моменты сил, действующие на тела со стороны жидкости. Обнаружено ориентирующее действие вибраций: в состоянии устойчивого равновесия большая площадь поверхности тела ориентирована перпендикулярно оси вибраций. Найден новый механизм деформации жидких капель в жидкой матрице под действием высокочастотных вибраций. Обнаружен и изучен эффект плавания тяжелых включений при качательных вибрациях. Показано, что вибрации сосуда приводят к возбуждению нового типа параметрического резонанса с взаимодействием соседних мод собственных колебаний капли.

Построена теоретическая модель динамики взвесей тяжелых частиц в высокочастотном вибрационном поле, в том числе для случая соизмеримых периода вибраций и времени релаксации скоростей частиц и жидкой фазы. Исследована устойчивость поверхности раздела жидкость – взвесь при касательных вибрациях. Показано, что под действием вибраций на поверхности раздела жидкость – взвесь возникает волновой рельеф, причем в отличие от случая двух жидкостей, в широком диапазоне параметров колебательная неустойчивость более опасна, чем монотонная (Н.И.Лобов, Д.В.Любимов, Т.П.Любимова, 1999)

С 1994 года Д.В.Любимовым и его учениками проводятся исследования по тепловой конвекции в двухфазных средах. В рамках обобщенного приближения Буссинеска построена теоретическая модель динамики неоднородной неизотермической среды, состоящей из жидкости и мелкодисперсной твердой примеси, оседающей под действием силы тяжести. Решена задача об устойчивости плоскопараллельного течения в нагреваемом сбоку вертикальном слое.

### **Термовибрационная конвекция**

В 1979 году Г.З.Гершуни и Е.М.Жуховицкий показали, что вибрации сосуда с неоднородно-нагретой жидкостью в условиях невесомости приводят к возникновению среднего течения жидкости, так называемой термовибрационной конвекции.

В последующие годы они, совместно с Л.М.Браверманом, Г.И.Бурде, В.А.Деминим, Д.В. Любимовым, Т.П.Любимовой, В.И.Чернатынским и др., рассмотрели широкий круг задач теории термовибрационной конвекции. Найдены необходимые условия квазиравновесия. Определены границы линейной устойчивости квазиравновесия для разных ситуаций и исследованы вторичные режимы термовибрационной конвекции.

В 1990-х годах Д.В.Любимовым был осуществлен цикл исследований термовибрационной конвекции при неоднородных вибрациях, важных как для понимания механизмов вибрационных воздействий на гидродинамические системы, так и для приложений, особенно связанных с космическими технологиями. Получены общие уравнения термовибрационной конвекции для различных типов вибраций, проанализированы механизмы генерации средних течений в пограничных слоях около твердых поверхностей и поверхностей раздела. Результаты как этих исследований, так и предыдущих работ, касающихся однородных вибраций, были обобщены в монографии G.Z.Gershuni, D.V.Lyubimov. *Thermal Vibrational Convection*. Wiley: N.Y. et al., 1998, 358 p. В последние годы в работах Д.В.Любимова и его учеников С.В.Шкляева и А.М.Воробьева рассмотрены различные аспекты теории термовибрационной конвекции в сжимаемых средах, в частности, термоакустическая конвекция и термовибрационная конвекция в околоскритической среде.

### **Магнитный резонанс и релаксация**

Первые работы по магнитной (спиновой) релаксации были опубликованы И.Г.Шапошниковым в 1947-48 года. Им построена феноменологическая теория, учитывающая релаксационные процессы, идущие не только внутри спиновой системы, но также и между спин-системой и решеткой. Сами явления магнитной релаксации и резонанса были тогда недавно открыты и теория Шапошникова была весьма актуальной. В дальнейшем И.Г.Шапошниковым с соавторами были построены микроскопические теории, позволяющие получить зависимость феноменологических параметров от поля и от температуры. В работах Д.И.Кадырова и И.Г.Шапошникова спин-система рассматривается как бесконечная система (парамагнетик), предполагается, что между всеми спиновыми частицами имеется парное диполь-дипольное взаимодействие. В этой постановке с помощью общих методов неравновесной статистической механики удалось получить релаксационные уравнения Шапошникова, а также и ряд более общих уравнений, и найти фигурирующие в них кинетические коэффициенты как некоторые корреляционные функции. В работах М.А.Марценюка, А.Ю.Ощепкова и И.Г.Шапошникова был развит другой подход. Спиновая система рассматривается как совокупность невзаимодействующих частиц, но зато гамильтониан каждой частицы модулируется некоторым внешним полем (соответствующим спин-спиновому и спин-решеточному взаимодействиям), имеющим регулярную и случайную части. В уравнении Шредингера в этом случае появляются случайные силы и волновой вектор становится случайной переменной. В рамках этой теории был решен ряд задач ядерного и квадрупольного резонанса и релаксации, рассчитаны релаксационные параметры для различных конфигураций внешнего поля.

В период 1968-1973 гг. Е.К.Хеннер под руководством И.Г.Шапошникова выполнил исследование по нелинейным режимам ЭПР в магниторазбавленных твердых телах при низких температурах (т.н. нелинейный парамагнитный резонанс). Были выяснены условия, при которых может иметь место пороговое возбуждение нелинейных мод по типу параметрического резонанса при магнитном и акустическом высокочастотных воздействиях.

В последующий период Е.К.Хеннером, В.К.Хеннером, аспирантами С.В.Шубиным, А.Г.Демевым, И.В.Кагановым был выполнен цикл работ по построению теории магнитного резонанса и спиновой релаксации в твердых магнитоизбавленных парамагнетиках в широком диапазоне температур. Были разработаны новые методы исследования (концентрационное разложение, кластерное разложение, компьютерное моделирование).

В 1993-1996 г. М.А.Марценюк, В.М.Дубовик и И.В.Лунегов развили теорию нового типа ядерного резонанса – тороидного. Выделив в системе спиновый кластер и предположив, что между спинами преобладает диполь- дипольное взаимодействие, можно установить характерную – вихревую – конфигурацию спинов, которая и описывается тороидным моментом. В работах этих авторов получены уравнения смешанной динамики тороидного и магнитного моментов спиновой системы, выяснены условия возбуждения и наблюдения резонанса нового типа.

## **Магнетизм**

Доцентом кафедры В.М.Зайцевым совместно с Б.А.Тавгером выполнена работа по физике магнетизма, получившая широкую известность и включенная в один из томов известного курса теоретической физики Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшица "Электродинамика сплошных сред". В этой работе произведена классификация всех магнитных состояний кристаллической решетки и введены магнитные группы и классы кристаллической симметрии.

### **Физика жидкостей с внутренними ориентационными степенями свободы: магнитные жидкости, жидкие кристаллы**

Исследования по физике магнитных жидкостей были начаты на кафедре теоретической физики в середине 60-х годов В.М. Зайцевым, И.Г.Шапошниковым и М.И.Шлиомисом. Первые работы были посвящены обобщению уравнений гидродинамики для жидкостей с внутренним моментом импульса (учет вращательных степеней свободы молекул) и применению концепции внутреннего вращения к жидким парамагнетикам (М.И.Шлиомис). Наиболее интересными результатами построенной теории явилось предсказание гиромангнитных явлений и установление возможности возбуждения спиновых волн в парамагнитной жидкости.

К тому же времени относится и начало работ по физике магнитных коллоидов – так называемых магнитных жидкостей (феррожидкостей).

Первоначальные исследования проводились на основе уже существовавших тогда квазистационарных уравнений движения; в рамках этой модели была изучена устойчивость свободной поверхности феррожидкости в однородном магнитном поле и конвективная устойчивость в неоднородном поле (В.М.Зайцев, М.И.Шлиомис). Важная роль процессов внутреннего вращения в динамике феррожидкостей была установлена несколько позднее: в 1969-1971 гг. создается феноменологическая, а в 1972-1975 гг. – кинетическая теория магнитных коллоидов (И.Г.Шапошников, В.М.Зайцев, М.И.Шлиомис совместно с аспирантами и сотрудниками Ю.Л.Райхером, М.А.Марценюком, В.И.Якушиным, В.И.Чернатынским). Теория позволила объяснить ротационный эффект (увлечение феррожидкости вращающимся магнитным полем), описать количественно наблюдаемую зависимость вязкости, теплопроводности и времени релаксации намагниченности от температуры и поля, предсказать ряд новых эффектов. В последние годы создана кинетическая теория магнитооптических явлений (двулучепреломление в магнитном поле) и ферромагнитного резонанса в феррожидкостях (М.И.Шлиомис, Ю.Л.Райхер, В.И.Степанов).

Параллельно с продолжением работ по физике магнитных жидкостей в середине 70-х годов были начаты исследования по теории ориентационного упорядочения и фазовых переходов в жидких кристаллах и полимерах. Эти исследования проводятся методами статистической физики и физической кинетики. Была построена и изучена микроскопическая модель холестерического жидкого кристалла, описывающая ориентационное упорядочение геликоидальных и конических фаз холестерического жидкого кристалла во всем температурном интервале существования мезофазы (А.Н.Захлевных, М.И.Шлиомис). В рамках предложенной модели изучен фазовый переход холестерический жидкий кристалл – изотропная жидкость, предсказано существование трикритической точки, исследовано влияние температуры и магнитного поля на параметры ориентационного порядка холестерического жидкого кристалла и величину шага холестерической спирали (А.Н.Захлевных, М.И.Шлиомис).

Методами кинетической теории вращательного броуновского движения получены уравнения движения тензора ориентации нематического жидкого кристалла, найдена зависимость времен релаксации ориентации и тензора коэффициентов вязкости нематического жидкого кристалла от температуры, магнитного поля и механических напряжений, исследованы дисперсия и поглощение звука и флуктуации параметров порядка в предпереходной области (М.И.Шлиомис, Ю.Л.Райхер, В.И.Степанов). Предложен метод вычисления виртуальных коэффициентов для жидкого кристалла, составленного из эллипсоидальных молекул, изучено влияние стерических и дисперсионных взаимодействий на ориентационное состояние нематического жидкого кристалла, фазовые переходы между одноосными и двuosной нематическими фазами и фазовый переход в изотропную жидкость (А.Н.Захлевных, П.А.Соснин).

Изучено влияние гибкости цепных полимерных молекул на фазовый переход полимера в жидкокристаллическое состояние, получены новые интересные результаты в области конформационной статистики макромолекул, исследовано ориентационное упорядочение бинарных растворов мезогенных молекул (М.И.Шлиомис, В.В.Русаков, А.Н.Захлевных, П.А.Соснин).

В середине 80-х годов начаты теоретические исследования ферронематиков и феррохолестериков – высокодисперсных магнитных суспензий, в которых роль несущей среды играет жидкий кристалл. Изучено влияние внешнего магнитного поля на ориентационную структуру и магнитные свойства ферронематиков (С.В.Бурылов, А.Н.Захлевных, Ю.Л.Райхер) и феррохолестериков (А.Н.Захлевных, П.А.Соснин, В.С.Шавкунов), построена молекулярно-статистическая модель ферронематика и на ее основе исследован фазовый переход ферронематик – изотропная жидкость (А.Н.Захлевных, Ю.Л.Райхер). Проведены исследования фазового перехода феррохолестерик – ферронематик в магнитном поле, обнаружено существование возвратных феррохолестерических и ферронематических фаз и термодинамически устойчивых доменных структур (А.Н.Захлевных, В.С.Шавкунов).

### **Физика твердого тела, органические полупроводники**

Первым значительным исследованием по физике твердого тела, выполненным на кафедре, была кандидатская диссертация В.М.Зайцева (1956 г.), посвященная теории фазовых переходов в  $\alpha$ - и  $\beta$ -фазах латуни. В дальнейшем, в связи с появлением новых методов расчета, заимствованных из квантовой теории поля (метод функций Грина, методы корреляционных функций), В.М.Зайцевым и Т.Н.Мельниковой был развит метод Тамма-Данкова для расчета многочастичных систем. Ю.А.Непомнящий с соавторами (В.А.Подольский, А.А.Непомпящий) рассмотрели ряд задач коррелированных ферми-систем.

В 1977 г. И.Г.Шапошников выступил инициатором открытия нового направления на кафедре – физики органических полупроводников. Он руководил лабораторией органических полупроводников, а также Научным советом Минвуза по проблеме "Органические полупроводниковые материалы". Сотрудники кафедры принимали активное участие в этих работах. М.А.Марценюком с соавторами был предложен и создан опытный образец ЭПР газоанализатора, рабочим веществом в котором служил органический полупроводник ТЦХМ в комплексе с тиуриониевыми солями, М.А.Марценюком и Е.К.Хеннером развит новый метод квантово-химического расчета органических соединений, В.В.Русаковым и М.А.Марценюком построена теория температурной зависимости прыжкового механизма проводимости органических полупроводников и др. Ряд работ в этом направлении проводился совместно с проблемной лабораторией радиоспектроскопии.

В 1990 г. М.А.Марцешок и Н.М.Марценюк дали теоретическое объяснение новому типу магнетизма органических кристаллов (антрацен, пентацен, фенентрен) – ароматизму, открытому экспериментально Н.А. Толстым и А. А. Спартаковым.

### **Когерентные кристаллы**

Работы Ю.А. Непомнящего, выполненные в конце 60-х – начале 70-х годов, посвящены теории когерентных (квантовых) кристаллов – особого состояния конденсированного вещества, сочетающего свойства кристалла и квантовой жидкости.

С середины 70-х годов Ю.А.Непомнящий работал в области теории сверхтекучести. Им был получен ряд фундаментальных теоретических результатов, касающихся особенностей спектра возбуждений для жидкого гелия и смесей сверхтекучих жидкостей. В частности, им был предсказан необычный Допплер-эффект в смесях сверхтекучих жидкостей. Наиболее важные в теоретическом плане результаты Ю.А.Непомнящего основаны на анализе природы расходимостей, характерных как для теоретикоополевого, так и для квантовогидродинамического подхода к изучению свойств сверхтекучих бозе- ждкостей с конденсатом. Разработанная Ю.А.Непомнящим концепция эффективного конденсата позволила ему построить метод описания сверхтекучих жидкостей, свободный от расходимостей, вывести точное уравнение, обобщающее ранее известное приближенное уравнение Кросса-Питаевского, и решить ряд важных задач, относящихся к конденсатной структуре вихревых нитей, взаимодействию бозе-конденсата с твердой границей и поведению бозе- конденсата во внешних полях. Подход, разработанный Ю.А.Непомнящим, приобретает особую важность в наши дни, когда экспериментальная техника позволяет создать новые системы с бозе-конденсатом, имеющие значительную потенциальную сферу применения.

### **Физика элементарных частиц**

Это направление научной работы кафедры стало развиваться с 1990 года. Исследования связаны с изучением свойств короткоживущих возбужденных состояний элементарных частиц, так называемых резонансов. Все взаимодействия в природе подразделяются на электромагнитные, гравитационные, слабые и сильные. Сильные взаимодействия удерживают элементарные частицы, в том числе и резонансы, внутри ядер, и эти частицы чаще всего наблюдаются по своим распадам. В экспериментальном и теоретическом статусе таких состояний много неясного. В основном это касается резонансов, имеющих несколько мод распада, и обусловлено как трудностью самих экспериментов, так и сложностью их анализа с целью извлечения параметров резонансов, их масс и ширин. В физике частиц и в ядерной физике интерпретация результатов анализов существенно зависит от формализма, положенного в основу описания экспериментальных данных и от теоретических моделей сильных взаимодействий. Эти две проблемы сплетены, и спектроскопия элементарных частиц играет важнейшую роль в формировании представлений о динамике сильных взаимодействий. В случае многоканальных резонансов сложность в определении их параметров из экспериментальных данных ведет к дополнительным трудностям при их классификации как кварковых состояний, что часто приводит к интерпретации этих резонансов, как экзотических, включающих, например, глюоны. Лишь тщательный и адекватный теоретический анализ экспериментальных данных, включая определение констант связи резонансов с каналами распадов и образований, то есть характеристик, для которых разные модели дают разные предсказания, может позволить интерпретировать их как стандартные кварковые состояния, или как более сложные объекты.



Исследования по физике элементарных частиц проводятся на кафедре под руководством профессора В.К.Хеннера. Они состоят в развитии методов изучения многоканальных систем, анализе низкоэнергетических нуклон- антинуклонных взаимодействий, исследовании неупругого пион-пионного рассеяния, анализе взаимосвязанных каналов электрон-позитронной аннигиляции, изучении семейств векторных мезонов. Развита метод построения унитарной многоканальной, многорезонансной S-матрицы который может быть полезен для многих задач физики резонансов и ядерной физики в случае нескольких перекрывающихся резонансов с одинаковыми квантовыми числами.

Результатами работы стали серии статей, опубликованных в ведущих журналах и доложенных на многих международных конференциях. Проводится сотрудничество с ведущими международными центрами ядерной физики, такими как Объединенный институт ядерных исследований в Дубне и другими.

### **Международное сотрудничество**

Кафедра поддерживает широкие научные контакты с зарубежными коллегами. Традиции этих контактов были заложены И.Г.Шапошниковым. Он был участником многих международных конференций по радиоспектроскопии, представлял Россию в Международном Комитете по ядерной квадрупольной резонансной спектроскопии, в течение ряда лет преподавал в различных зарубежных университетах; был консультантом по организации университетского образования в Демократической республике Мадагаскар.

В настоящее время кафедра активно сотрудничает со многими европейскими университетами. Это сотрудничество началось в 1990 году визитом в Пермь группы экспертов Европейского Космического Агентства (ESA), включающей Директора Департамента микрогравитации и десяти экспертов, представляющих ведущие европейские исследовательские центры, работающие в области гидродинамики невесомости. Визит завершился подписанием протокола о сотрудничестве между пермскими учеными и учеными европейских стран. Результатом визита ESA в Пермь явилось также совместное проведение в следующем, 1991 году Международного симпозиума по гидромеханике и тепломассообмену в условиях микрогравитации, который явился первым Международным Симпозиумом, собравшим вместе российских и зарубежных ученых, работающих в этой области.

В 1992 году был заключен Договор о сотрудничестве с Марсельским университетом. В рамках этого договора осуществляется научное сотрудничество, совместная подготовка аспирантов, организация международных конференций.

В 1993 году Д.В.Любимовым совместно с Б.Ру из Марсельского университета был подготовлен и получил поддержку Министерства образования и исследований Франции (MENRT-DRIC) проект создания сети по совместной подготовке аспирантов. В рамках выполнения этого проекта осуществлялась совместная подготовка трех аспирантов кафедры, которые имели возможность проводить исследования в лабораториях Марсельского университета, с использованием самого современного вычислительного оборудования.

По окончании проекта, в 1997 году, Б.Ру, Д.В.Любимов и Т.П.Любимова представили новый проект, продолжающий сотрудничество в этой области. Проект вновь получил поддержку MENRT-DRIC. В рамках нового проекта осуществлена подготовка 4 аспирантов.

В 2000 году сотрудничество с зарубежными учеными в подготовке аспирантов было значительно расширено: в июне 2000 г. Д.В.Любимов и Т.П.Любимова, совместно с российскими коллегами из Нижнего Новгорода и Новосибирска и зарубежными партнерами из университетов Марселя, Тулузы, Лиона и Авиньона (Франция) и университетов Берлина, Карлсруэ, Потсдама, Фрайбурга и Фрайберга (Германия) представили на рассмотрение Трехсторонней комиссии, включающей представителей Министерств образования и экспертов трех стран Проект создания Российско-Германско-Французской учебно-исследовательской сети. Проект был отобран для реализации в рамках Программы «Российско-Германско-Французский университет»; а Д.В.Любимов был назначен Национальным координатором проекта. В рамках этого проекта осуществляется трехстороннее сотрудничество в подготовке магистров и аспирантов и обмен курсами лекций профессоров.

Высокий уровень проводимых исследований позволяет сотрудникам кафедры побеждать во многих конкурсах на получение грантов международных научных фондов: в 1994 году получили поддержку Европейского научного фонда ИНТАС два проекта с участием Г.З.Гершуни.

В 1994-1995 году группа преподавателей и аспирантов кафедры под руководством Д.В.Любимова дважды получала грант Международного тучного фонда Сороса на выполнение научных исследований по теме «Влияние высокочастотных вибраций на поведение неоднородных сред».

В 1995 году Д.В.Любимовым и Т.П.Любимовой, совместно с коллегами из Новосибирска, французскими и шведскими учеными получил финансовую поддержку Европейских Комиссий проект "Параллельные вычисления в механике сплошных сред". В рамках этого проекта получен параллельный компьютер, запуск которого позволяет преподавателям и студентам осуществлять высокопроизводительные расчеты гидродинамических задач в Перми.

В 1996 году проект сотрудников кафедры "Теоретическое и экспериментальное исследование поведения неоднородных систем под действием вибраций" под руководством Г.З.Гершуни и Д.В.Любимова получил поддержку NASA. Результаты работ, полученные в рамках этого проекта, были отмечены NASA как одни из самых лучших.

В 1998 году получил поддержку Европейских Комиссий в рамках программы INCO-COPERNICUS проект "Высокопроизводительные вычисления в многофазной гидромеханике: активное управление системами с поверхностями раздела жидкость-жидкость, жидкость-газ". Теоретические исследования, проведенные преподавателями и аспирантами кафедры в рамках этого проекта, послужили основой при подготовке космических экспериментов по физике жидкости и материаловедению, осуществлённых учеными Франции и Германии.

В 2001 году победителем конкурса научного фонда ИНТАС стал проект, в котором руководителями групп являются Д.В.Любимов и Т.П.Любимова. В этом проекте, выполняемом совместно с французскими и немецкими учёными участвуют 8 преподавателей и аспирантов кафедры.

А.Н. Захлевных, Д.В. Любимов, М.А. Марценюк,

А.А. Непомнящий, В.К. Хеннер, Е.К. Хеннер.

## **Кафедра компьютерных систем и телекоммуникаций**

### **Общие сведения**

Кафедра компьютерных систем и телекоммуникаций была организована на физическом факультете в 1997 г. Студенты, обучающиеся на кафедре, получают специальность «Радиофизика и электроника» со специализацией «Информационные системы и технологии». На кафедре работают высоко квалифицированные специалисты в области информационных технологий, большинство преподавателей имеет ученые степени и звания, часть преподавателей по совместительству работает в организациях города, занимающихся разработкой информационных систем.

Научные направления кафедры складывались из направлений, традиционных для физического факультета — **физика твердого тела**, включая **радиоспектроскопию, механика жидкости, газа и плазмы, конструирование и разработка радиоэлектронных устройств** и других. Однако, в последнее время, в связи с бурным развитием компьютерной техники, на кафедре начаты исследования в новых направлениях **информационных технологий**.

В научной работе принимают участие преподаватели, аспиранты и студенты. За короткое время существования кафедры сотрудниками и аспирантами опубликовано более 50 статей в периодической печати, аспиранты С.Азанов и Д.Бекурин, окончившие аспирантуру по кафедре в 2000 г., успешно защитили кандидатские диссертации. Далее будут кратко охарактеризованы результаты научных исследований, интенсивно ведущихся на кафедре в настоящее время, и очерчено их общее направление.

### **Взаимодействие электромагнитного поля с веществом. Физика тороидных моментов**

Целью данного направления является исследование новых типов взаимодействия электромагнитного поля с веществом. Как оказалось, во многих важных случаях играют роль так называемые тороидные моменты — новый тип мультиполей, интегрально описывающих некоторые распределения зарядов и токов. Прежде всего были рассмотрены **задачи агрегации магнитодипольных нанометровых частиц в магнитных жидкостях** (М.А.Марценюк, Н.М.Марценюк, Д.В.Мясников). Агрегирующиеся частицы образуют структуры с замкнутым магнитным потоком, описывающиеся *магнитным* тороидным моментом. Детально была исследована влияние агрегации на разнообразные свойства суспензий.

Тороидные моменты (на этот раз моменты электрического происхождения) были также использованы для объяснения нового явления, наблюдавшегося в экспериментах и названного «аромагнетизмом», поскольку вещества, показывающие необычные магнитные свойства представляли собой кристаллы органических ароматических веществ.

Как было показано, **ароматизм** может быть объяснен тем, что молекулы обладают *электрическими* тороидными моментами, которые взаимодействуют с внешним переменным *магнитным* полем (М.А.Марценюк, Н.М.Марценюк). Дальнейшим развитием этого направления является разработка **электродинамики сплошной среды с тороидным упорядочением** (В.М.Дубовик<sup>1</sup>, М.А.Марценюк, 2000 г.). В уравнения электродинамики Максвелла были включены дополнительные слагаемые, учитывающие тот факт, что кроме обычной – дипольной – поляризации вещество может обладать тороидной поляризацией.

В работах С.В.Азанова, М.А.Марценюка, И.Н.Суркова дано **теоретическое и экспериментальное<sup>2</sup> обоснования тороидного происхождения явления оптической активности**. Явление оптической активности играет большую роль в распознавании вновь синтезируемых химических соединений и широко используется на практике. Суть явления состоит в том, что при рассеянии электромагнитного излучения некоторыми (оптически активными) веществами происходит поворот плоскости поляризации излучения. Как было показано, для объяснения явления оптической активности необходимо учитывать, что молекулы, обладающие асимметрией по отношению к операции пространственной инверсии (так называемые *хиральные* молекулы), в однородном электрическом поле могут приобрести тороидную поляризацию. Этот эффект является «перекрестным» по отношению к дипольной поляризации молекул в вихревом электрическом поле световой волны, что приводит к эффектам оптической активности. В результате была построена новая модель оптической активности, не связанная с магнитной поляризацией и токами проводимости, а целиком обусловленная поляризационными эффектами. Как доказательство, были проведены эксперименты на моделях хиральных молекул, изготовленных из диэлектрика, и показано экспериментально, что внесение их в поле СВЧ волны приводит к вращению плоскости поляризации. Были разработаны методы расчета удельного коэффициента вращения плоскости поляризации хиральных молекул на основе данных рефрактометрии и показано удовлетворительное соответствие теории и эксперимента. Аспирант С.В.Азанов, принимавший участие в этих исследованиях, успешно защитил кандидатскую диссертацию (2000 г.), а И.Н.Сурков – магистерскую диссертацию (2001 г.).

Одним из актуальных направлений информационных технологий является создание **нового вида компьютерной памяти**, которая бы обладала свойством оперативной памяти – возможностью произвольного доступа к ячейкам памяти и в то же самое время была бы энергонезависимой, то есть не теряла бы информацию при отключении от источника питания. Речь идет о создании MRAM – магнитной интегральной схемы памяти.

---

<sup>1</sup> В.М.Дубовик – профессор, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Объединённого института ядерных исследований (г. Дубна Московской области).

<sup>2</sup> Экспериментальная часть работы проводилась совместно с сотрудниками кафедры экспериментальной физики – доцентами Н.Н.Коротаевым и И.Л.Вольхиным на созданной ими установке по СВЧ-моделированию процессов рассеяния электромагнитного излучения.

Ведущие компьютерные фирмы и лаборатории заняты поиском новых физических принципов организации такой памяти (IBM, NRL и др.). М.А.Марценюк, Н.М.Марценюк<sup>3</sup>, В.М.Дубовик и др. предложили **принцип «тороидной памяти»**. Ячейка такой памяти формируется на подложке методом планарной технологии как сэндвичевая структура с двумя магнитными слоями, намагниченными в противоположные стороны. Такая структура управляется токовыми шинами. Запись информации соответствует перемагничению магнитных слоев, то есть изменению ориентации магнитного тороидного момента на противоположное. В работах этих авторов была подробно рассмотрена физика тороидного перемагничивания, проведены модельные эксперименты и создан опытный образец ячейки тороидной памяти в микроисполнении. Результаты работы обсуждались на международной конференции по магнетизму (Сан Хосе, Калифорния, США, 2000 г.) и вызвали большой интерес у участников. По этим результатам получен ряд Российских патентов.

Дальнейшим развитием работ в данном направлении является разработка современных компьютерных методов **квантовомеханического расчета тороидной поляризуемости молекул** (М.А.Марценюк, И.Н.Сурков), что позволит до конца прояснить физику возникновения «аромагнетизма» органических молекул, а также даст возможность получить квантовое понимание тороидной природы явления оптической активности.

### **Системы автоматизированного контроля и управления**

Разработка систем автоматизированного контроля и управления является традиционной для физического факультета. Первой работой такого рода на нашем факультете следует считать разработку демонстрационной шахматной доски (Г.С.Хлебутин<sup>4</sup>, 1968 г.), которая была использована во время чемпионата СССР по шахматам (1970 г.). В дальнейшем эти работы получили развитие в направлении разработки приборов для научных исследований – создание автоматизированного ЯМР-спектрометра, разработка методов низкочастотной ЯМР-томографии и др., в основе которых лежало широкое использование микропроцессорной техники (В.П.Зеленин<sup>5</sup>). Эти работы составили базу для создания в 1980 г. при Пермском университете ОКБ «Маяк».

Продолжая развитие этого направления, сотрудники кафедры проводят исследовательские работы по созданию научных основ управления сложными системами, участвуют в разработке современных систем контроля и управления. С.Б.Карпов, В.И.Прошутинский принимают участие в разработке **серии приборов для дистанционного автоматизированного контроля расхода тепла и электроэнергии**, которое ведется в ОКБ «Маяк» под руководством В.П.Зеленина. Подобные разработки актуальны в связи с быстрым ростом стоимости энергии – тепловой и электрической. Потребители и поставщики энергии заинтересованы в точном и оперативном контроле за расходом энергии, в устранении ее потерь.

---

<sup>3</sup> Н. М. Марценюк – старейший преподаватель кафедры экспериментальной физики.

<sup>4</sup> Г. С. Хлебутин (1924-1982) - доцент кафедры экспериментальной физики.

<sup>5</sup> В.П. Зеленин - доцент кафедры экспериментальной физики. В настоящее время - начальник отдела ОКБ «Маяк» Пермского университета..

Создание подобных приборов включает в себя организацию процессов сбора данных, передачу их в компьютер, создание программ обработки, организацию сервера для дистанционного сбора обработанных данных и другие операции, что обеспечивает удовлетворение возрастающих требований заказчиков. В этом же цикле работ А.Ю.Ощепковым и С.А.Алатовым разрабатываются **средства автоматизированной калибровки электромагнитных датчиков расхода жидкости.**

Одной из важнейших задач автоматизированного контроля и управления является задача адаптивного управления распределенными системами. Речь идет о том, что система управления должна обеспечить оперативное «подстраивание» состояния управляемой системы при изменении условий внешней среды. Сложность такого рода задачи для распределенной системы (то есть системы, имеющей пространственную протяженность) состоит в том, что приходится следить за показаниями большого числа датчиков, которые зависимы друг от друга. В цикле работ М.А.Марценюка, А.Ю.Ощепкова и М.В.Сергеева **экспериментально и теоретически решается задача адаптивного многоканального управления полем температуры**, что включает в себя построение физической модели управляемой системы, разработку алгоритмов идентификации и управления, экспериментальную проверку алгоритмов.

В настоящее время мы наблюдаем значительный повсеместный рост использования компьютерных сетей, обеспечивающих обмен сообщениями между компьютерами. В частности, рост локальной сети, при увеличении числа компьютеров в сети до нескольких сотен приводит к необходимости создания автоматизированной системы управления сетью. Эти работы на кафедре ведутся под руководством преподавателя В.Н.Сушина, который возглавляет большую группу студентов и аспирантов. Ими построены имитационные **модели компьютерной сети** (В.Н.Сушин, С.В.Новиков), создаются **аппаратные и программные средства контроля и управления локальной компьютерной сетью** (В.Н.Сушин, С.В.Новиков, А.А.Пауличек). Эти средства позволяют оптимизировать архитектуру сети, увеличить скорость прохождения сообщений, а также предотвратить несанкционированный доступ к ресурсам сети.

Новые задачи управления, лежащие на стыке фундаментальной физики и теории управления, в основе которых лежит калибровочная теория, развитая первоначально в теории элементарных частиц, возникают в связи с разработкой управления и движения автономных объектов. В рамках этих задач Д.Б.Бекурин и М.А.Марценюк развили **теорию автономного плавания самодеформирующихся объектов в вязкой жидкости.** Ими были решены уравнения гидродинамики для частиц переменной формы, найдены условия плавания (самодвижения) таких частиц, сделана оценка затрат энергии на плавание. В 2000 г. Д.Б.Бекуриным на эту тему была успешно защищена кандидатская диссертация. В дальнейшем планируется исследование **задач управляемого плавания** подобных объектов. Эти задачи имеют приложения в области биомеханики, а также в некоторых технологических процессах (перемешивание растворов, бесконтактная перекачка и транспорт особо чистых сред и др.).

**Н.М.Кислухин и М.А.Марценюк разработали** алгоритм компьютерного моделирования движения деформирующейся связанной системы тел, что позволяет решать широкий круг задач управления механическими объектами. Эти задачи имеют приложения в робототехнике и в биомеханике. В частности моделируется и оптимизируется *поворот* изолированной системы тел за счет внутренних деформаций при сохранении момента импульса системы. Современное понимание механики этого процесса достигнуто также за счет использования калибровочной теории.

## **Компьютерное зрение, распознавание образов, компьютерная графика**

Во многих прикладных задачах информационных технологий требуется разработка новых принципов компьютерного зрения: очувствление роботов, распознавание образов, принципы представления и обработки графической информации.

Весьма перспективным направлением для реализации компьютерного зрения является использование не только светового поля, используемого человеком, но альтернативных полей, несущих информацию об изображении. М.А.Марценюк, С.В.Уфимцев разрабатывают **принципы магнитного компьютерного зрения роботов.** В такой системе «осветителем» является источник магнитного поля, который вызывает магнитную поляризацию рассматриваемого объекта. Роль «глаза» играет система высокочувствительных магнитных датчиков. Данные с датчиков передаются в компьютер, где они подвергаются обработке с помощью специальной программы, позволяющей «увидеть» пространственное положение и форму объекта. Источники магнитного поля могут быть расположены и на самом объекте. Предполагается, что система «не знает» предварительно координаты объекта, то есть производится его некалиброванное «рассматривание», подобно тому, как это делает человек. Тем не менее, она может точно определить координаты объекта. Для решения этой задачи был создан программно-аппаратный комплекс, в автоматическом режиме обеспечивающий прецизионное перемещение датчиков и анализ результатов измерения. Были привлечены современные представления о методах описания магнитного поля (дифференциальные формы), а для интерпретации данных (точнее для решения обратной задачи – определения расположения источника по его полю) использованы результаты неевклидовой геометрии.

Широко известные программы распознавания образов, используемые для распознавания сканированных текстов, «не умеют» распознавать математические символы и формулы. Сложность решения этой задачи состоит не только в том, что в математике используются символы, не встречающиеся в обычном тексте, такие как знак квадратного корня « $\sqrt{\quad}$ », знак интеграла « $\int$ » и т.п., но и в том, что математические символы в формуле находятся в определенной логической связи. Поэтому задача состоит не только в том, чтобы найти соответствие между графическим образом символа и его стандартным кодом или командой, вызывающей появление распознанного символа на экране монитора, но и в том, чтобы проследить указанную *логику* их расположения. А.П.Ястребов и М.А.Марценюк разработали **алгоритм распознавания образов, основанный на физической модели движения частицы в потенциальном поле.**



Роль частицы играет предъявляемый объект, представленный точкой в некотором *пространстве признаков*. А потенциальные «ямы» соответствуют распознаваемым прототипам. **Программа для автоматического распознавания математических формул** представлена на регистрацию в Российское агентство по патентам и товарным знакам.

Весьма интересной является программа **распознавания цветных образов**, разработанная С.Машкиным и А.В.Ястребовым.

Оказывается, что распознавание образов происходит эффективнее, если пространство признаков подвергается некоторому предварительному преобразованию. **Анализ эффективности различных методов представления пространства признаков** выполнен С.Б.Карповым и А.Г.Ястребовым. Оказалось, что в зависимости от класса графических эффективность представления меняется. Например, при обработке данных, полученных с компьютерного ЯМР-томографа, оказалась эффективной система «окон». Для решения этой и подобных задач С.Б.Карповым разработан **пакет программ, позволяющий легко переходить от одного пространства признаков к другому**. Оказалось, что эта задача имеет важные приложения в медицине. Преобразование фотографий, полученных методом рентгенографии (например, больного зуба) позволяет выявить детали, не видные при другом представлении той же самой фотографии. Аналогичные данные были получены при анализе снимков, полученных ультразвуковым исследованием (УЗИ).

Важной задачей является также **распознавание движущихся объектов с помощью анализа изображения компьютерной видеокamеры**. Если представить себе, что камера играет роль «сторожа», то, очевидно, нет смысла анализировать изображение в течении всего времени наблюдения, а только в том случае, когда картина изменяется. По команде программы, распознающей изменения в картине, включается программа распознавания образов, производится анализ ситуации и только после этого может быть включен сигнал тревоги. Программу для этой цели разработали А.Г.Ястребов, А.В.Вяжкин и А.К.Пачин.

## **Квантовая и классическая логика, проектирование логических схем**

Основу современной компьютерной техники составляют логически программируемые микросхемы. Создание любого, самого простого автоматизированного устройства требует программирования схемы под конкретную решаемую задачу. Можно сказать, что и сам компьютер представляет собой некоторую (очень большую) логическую схему плюс устройства ввода-вывода информации (которые также можно мыслить как некоторые логические схемы). Производителями микросхем созданы специальные программы, которые позволяют осуществить программирование микросхем. Математической основой схем является логика высказываний, переменные которой подчиняются особой *алгебре логики* (ее называют иногда также булевой алгеброй). Хотя сама по себе алгебра логики довольно проста, решение прикладных задач с большим числом логических переменных, в частности задача программирования схем под заданную функцию, часто выливается в очень сложный процесс.

Дело в том, что элементарные логические операции – логическое сложение, логическое умножение и другие, с которыми работает логика, имеют сложное схемное представление. По этой причине ведется поиск другого представления логики, более подходящего для проектирования логических микросхем.

**Разработку векторного и тензорного представления логики и его приложения в цифровой схемотехнике** ведут на кафедре М.А.Марценюк и А.С.Полоскин. Ими получены важные результаты в этой области. Во-первых, с помощью нового представления проще решается задача проектирования микросхем, так как базовой операцией является тензорное умножение со сверткой. В схемном виде это соответствует изначальному представлению любой логической функции в виде набора управляемых ключей. Во-вторых, в тензорном представлении применимы многие методы, которые нельзя использовать в булевом представлении алгебры логики. Например, легко осуществляется классификация логических функций, а также удастся получить так называемые «неприводимые» логические схемы, число которых с ростом числа логических переменных  $n$  изменяется степенным образом, а не экспоненциальным, как полное число логических функций от  $n$  переменных.

Как мы знаем, дальнейшее развитие компьютерной техники ограничено физическими пределами миниатюризации. Минимальный размер одного элемента большой интегральной схемы в настоящее время достиг предела 0,1 микрометр. При последующем уменьшении размеров элементы схемы станут неустойчивы относительно процессов диссипации, начнут сказываться квантовые эффекты движения электронов и др. В то же время современная техника не устраивает программистов, так как оказалось, что некоторые практически важные алгоритмы для реализации на современных компьютерах требуют невообразимо большого времени. Все это привело к разработке новых физических принципов реализации компьютерной техники.

Наиболее перспективным направлением считается разработка **квантового компьютера**, работающего по законам квантовой механики. Как предполагается в данное время, одним из кандидатов на реализацию квантового компьютера является система взаимодействующих спинов (спин-система). В связи с этим возникает задача всестороннего анализа спиновой динамики в системе многих спинов, а также разработка методов управления динамикой с помощью импульсов внешнего поля. Программирование квантового компьютера как раз и будет означать на этом языке формирование определенной последовательности импульсов. Задачи динамики многих спинов в переменном поле очень сложны. Однако в работах М.А.Марценюка и И.Л.Соковнина показано, что существует **обобщение известной задачи о динамике одного спина в переменном поле (задача Раби) на случай многих спинов**. Оказывается что в этом частном, но важном случае уравнения квантовой механики могут быть решены точно и спиновая динамика может быть рассмотрена во всех деталях, что облегчает анализ квантовых алгоритмах, а также подсказывает пути физической реализации квантового компьютера.

Кроме взаимодействия с переменным полем в этих работах также **учитываются механизмы диссипации и получены уравнения, обобщающие известные уравнения Блоха для простой спиновой системы.** Таким образом эти работы, использующие опыт анализа спиновых систем в связи с задачами радиоспектроскопии, дают вклад в развитие нового перспективного направления компьютерной техники.

### **Компьютерные методы моделирования физических систем**

Сотрудниками кафедры разрабатываются также новые методы компьютерного моделирования физических систем. Это касается главным образом того круга задач, которые являются традиционными для нашего факультета. Однако, разработка компьютерной модели изучаемого явления и, в особенности, объединение экспериментальной установки и с моделирующей программой позволяют получать качественно новые результаты.

Темой исследований В.А.Семенова и А.Н.Лимонова является задача **равновесия и устойчивости гетерогенных систем в электрическом поле. Устойчивость электростатического подвеса в жидкости.** Как было показано в работах В.А.Семенова и Ю.К.Братухина при определенной конфигурации неоднородного электрического поля удастся взвесить каплю жидкости в электрическом поле. Это открывает возможность использовать электрическое поле для управления движением поляризующихся жидкостей, что оказывается важным для некоторых технологических процессов и устройств. Однако оказалось, что при некоторых полях подвес становится неустойчивым. Непосредственное исследование затрудняется большой сложностью явления (нелинейность, необходимость учета многих факторов). В связи с этим в этой задаче весьма эффективным оказывается компьютерное моделирование. Предварительное исследование устойчивости подвеса в разной области параметров, описывающих свойства жидкости и поля, позволит более точно спланировать и провести экспериментальные работы.

Аналогичные проблемы решаются при постановке задачи о компьютерном моделировании **межфазной конвекции и движения капель при диффузии ПАВ во внешнюю среду** (С.О.Макаров). Изучаемая система настолько сложна, что не поддается аналитическим методам анализа. В тоже время она является актуальной для описания современных технологических процессов глубокой переработки многокомпонентных смесей – прежде всего нефти.

### **Компьютерные методы обучения**

Компьютерная техника позволила не только перевести на новый уровень научные исследования, но и оказала влияние на процессы обучения людей. За счет появления новых информационных технологий появилась возможность привлекать для обучения значительно больший объем информации, использовать новые графические и мультимедийные средства и т.д. Кроме этого появление таких парадигм программирования, как объектно-ориентированное, логическое программирование заставило нас пересмотреть сами методы обучения. Для обучения теперь привлекаются методы искусственного интеллекта, пересматриваются схемы структурирования изучаемого материала, используются понятия базовых моделей, классов, объектов.

Появилась возможность ситуационного обучения за счет создания виртуальной реальности и т.п.

А.В.Крапивиным была создана **программа обучения «слепому» методу набора клавиш**, которая в своей основе опирается на системнодеятельностный подход, развитый психологами Московского университета. А.А.Поповым разработан метод и созданы программные средства обучения операторов сетевого кассового аппарата. А.В.Крапивиным и О.И.Поповым создана адаптивная система обучения языку программирования С++ **«Учитель С++»**. Эти системы не только предлагают материал для обучения, но и помогают студентам решать задачи, помогают выбрать правильный ход рассуждений, то есть обладают интеллектуальными возможностями.

Хотя развитие исследований в области новых информационных технологий находятся пока в самом начале, нет никаких сомнений, что они получат дальнейшее развитие. Залогом тому является, во-первых, актуальность самой тематики. Сейчас нет ни одной области, где бы не использовались информационные технологии. А это неизбежно ставит перед нами новые задачи превращения научных знаний в **информационные ресурсы**. Во-вторых, в эту область привлечено много молодых талантливых людей, включая и тех, кто обучается на нашей кафедре – студентов и аспирантов. В-третьих, физический факультет имеет давние традиции научных исследований. Их основа – глубокое фундаментальное исследование явлений. Все это в совокупности позволит нам принять участие в том замечательном процессе, который называют «информатизацией общества».

М.А. Марценюк

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Путин Г.Ф., Сорокин М.П.</i> Кафедра общей физики	3
<i>Ажеганов А.С., Гуцин С.И., Коротав Н.Н., Пирожков Б.И., Светлов Ю.Г.</i> Кафедра экспериментальной физики и проблемная лаборатория радиоспектроскопии	16
<i>Золотарев И.В., Кюнцель И.А., Соифер Г.Б.</i> Проблемная лаборатория радиоспектроскопии	25
<i>Волынцев А.Б., Стивак Л.В.</i> Кафедра физики твердого тела	30
<i>Захлевных А.Н., Любимов Д.В., Марценюк М.А., Непомнящий А.А., Хеннер В.К., Хеннер Е.К.</i> Кафедра теоретической физики	39
<i>Марценюк М.А.</i> Кафедра компьютерных систем и телекоммуникаций	52