

Э. П. Кругляков, К. В. Лотов, А. А. Шошин

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

Заведующий кафедрой: акад. РАН, проф. Э. П. Кругляков

Направление подготовки: 510405 – Физика плазмы

Базовый институт: Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН

Сервер кафедры: <http://www.inp.nsk.su/students/plasma/>

История создания кафедры

Кафедра физики плазмы была организована в 1972 г. по инициативе акад. Г. И. Будкера – одного из основоположников исследований по управляемому термоядерному синтезу в нашей стране. С момента образования кафедры и до 1997 г. ее возглавлял акад. Д. Д. Рютов. Затем его сменил акад. Э. П. Кругляков.



Организатор кафедры физики плазмы и первый ее заведующий, акад. РАН
Д. Д. Рютов

Первый выпуск кафедры физики плазмы сделала в 1973 г. Тогда состоялась защита первых шести дипломных работ, и с тех пор на ней подготовлено 190 специалистов, 63 магистра и 39 бакалавров – физиков высшей квалификации, которые работают по всей территории СНГ и за рубежом. Создание кафедры по времени совпало с началом бума в термоядерных исследованиях. В конце шестидесятых годов стало ясно, что пора переходить от «чистой науки» к созданию крупных установок реакторного масштаба. Эта задача была сформулирована акад. Г. И. Будкером на международной конференции по физике плазмы, состоявшейся в новосибирском Академгородке в 1968 г. Тогда уже было ясно, что пути решения грандиозной задачи – приручить неисчерпаемую энергию термоядерного синтеза для нужд человечества, стоящей перед «плазменным» сообществом физиков, инженеров и конструкторов, весьма многообразны.

Один из путей обуздания термоядерной энергии для нужд человечества был прототипен такими учеными, как И. Е. Тамм, А. Д. Сахаров и Л. А. Арцимович. Основанное ими направление токамаков (получивших свое название от сокращения слов «тороидальная камера магнитная»), а последняя буква «т» впоследствии была заменена на «к») к настоящему времени привело к достижению параметров плазмы, необходимых для управляемого термоядерного синтеза (УТС).

В новосибирском Институте ядерной физики (ИЯФ), который является базовым для кафедры физики плазмы, развивается альтернативный подход к созданию термоядерного реактора – так называемые открытые ловушки. Идея открытых ловушек была предложена в пятидесятых годах Г. И. Будкером – будущим первым директором ИЯФ, и независимо американцем Р. Постом. В начале семидесятых годов целый фейерверк новых идей возродил интерес «плазмистов» к открытым ловушкам. Среди них идея В. И. Волосова и Ф. А. Цельника ловушки с вращающейся плазмой, многопробочная ловушка с многообещающим названием ГОЛ, предложенная Г. И. Будкером вместе с молодыми тогда Д. Д. Рютовым и В. В. Мирновым, газодинамическая ловушка (ГДЛ), предложенная Д. Д. Рютовым и В. В. Мирновым, и, наконец, амбиполярная ловушка Г. И. Димова с еще более звучным именем Амбал. От идеи до ее реализации, как известно, дистанция огромного размера. Поэтому нужны молодые люди, умеющие работать руками и, главное, головой и желающие попробовать свои силы в большом и новом деле. Вот тогда и состоялся первый выпуск на только что созданной кафедре физики плазмы.

Система подготовки студентов.

Читаемые курсы

Кафедра готовит физиков-исследователей, способных вести плодотворную науч-

но-исследовательскую работу в различных областях физики плазмы, а также заниматься научно-педагогической деятельностью.

ванием плазмы в промышленности. Часть курсов являются оригинальными и не имеют аналогов в России.



Состав кафедры физики плазмы

Первый ряд (сидят, слева направо): А. В. Аржанников, В. С. Койдан, Э. П. Кругляков, Ю. И. Бельченко.

Второй ряд (стоят): С. Л. Синицкий, К. В. Лотов, Н. В. Ступишин, В. В. Поступаев, В. И. Давыденко, А. А. Шошин, А. А. Иванов, И. В. Шиховцев, П. А. Багрянский, А. Д. Беклемишев, А. В. Бурдаков

Система подготовки специалистов – двух-уровневая: первая ступень (основное базовое четырехлетнее образование) завершается защитой квалификационной дипломной работы и присуждением звания «бакалавр», вторая (двухгодичная магистратура) – защитой магистерской диссертации. Соответственно курсы, читаемые на кафедре, разбиты на две группы:

- на третьем–четвертом курсах даются основы теории плазмы и методов исследования плазмы, без которых невозможно представить физика-плазменщика, в какой бы области он не работал. Аналогичные курсы читаются на физическом факультете МГУ, в МИФИ и других вузах нашей страны и за рубежом;

- в магистратуре студенты более глубоко знакомятся с физикой плазмы применительно к самым современным существующим в мире и ИЯФ установкам по управляемому термоядерному синтезу, а также с использо-

Первая группа спецкурсов

Дисциплина «Введение в физику плазмы, ч. 1» предназначена для обучения студентов-физиков теоретическим основам физики плазмы. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с теоретическими моделями, используемыми для описания плазмы, и с рядом фундаментальных физических явлений, допускающих достаточно полное объяснение в рамках этих моделей.

Задачи курса:

- знакомство с общими сведениями о плазме, равновесной степени ионизации, кулоновскими столкновениями;

- изучение элементарных процессов в плазме и дрейфового движения частиц в электромагнитном поле;

- знакомство с кинетическим уравнением и классическими процессами переноса в плазме;

– знакомство с излучением из плазмы и ядерными реакциями синтеза.

Данный курс читается с 1972 г., структура курса была заложена акад. Д. Д. Рютовым, в разные годы его читали Д. Д. Рютов, Б. Н. Брейзман, Г. В. Ступаков, С. В. Лебедев, И. А. Котельников, С. Л. Синицкий, А. Л. Санин, сейчас лектор – И. А. Котельников.

Дисциплина «Введение в физику плазмы, ч. 2» предназначена для обучения студентов-физиков теоретическим основам физики плазмы. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с теоретическими моделями, используемыми для описания плазмы, и с рядом фундаментальных физических явлений, допускающих достаточно полное объяснение в рамках этих моделей.

Задачи курса:

– изучение основ одножидкостной магнитной гидродинамики и простейших МГД-равновесных состояний плазмы;

– овладение техникой анализа волновых свойств среды в рамках различных теоретических моделей;

– изучение основных типов плазменных неустойчивостей;

– знакомство с механизмами бесстолкновительного затухания волн в плазме;

– обучение базовым методам, используемым при анализе различных нелинейных эффектов в физике плазмы.

Данный курс читается с 2000 г., когда он объединил в себе основные части читавшихся более 15 лет курсов «Магнитная гидродинамика» (лекторы Д. Д. Рютов, Б. Н. Брейзман, Ю. А. Березин, А. Д. Беклемишев, Ю. А. Цицулко) и «Волны в плазме» (лекторы Г. Е. Векштейн, Г. Е. Брейзман, И. М. Ланский, А. Д. Беклемишев, К. В. Лотов). В 2000–2002 гг. курс читал А. Д. Беклемишев, который разработал его в современном состоянии. В 2003–2004 гг. – лектор К. В. Лотов, сейчас курс читает И. А. Котельников.

Дисциплина «Техника плазменного эксперимента» предназначена для обучения студентов-физиков основам экспериментальной техники, используемой для постановки крупных экспериментов по физике плазмы. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с физическими принципами и техническими особенностями систем, оборудования, узлов и отдельных важных элементов, используемых для создания крупной плазменной установки и

проведения сложного эксперимента по физике плазмы и УТС.

Задачи курса:

– изучение физических принципов устройства различных систем плазменных установок;

– изучение принципиальных схем и технических особенностей наиболее важных систем установок;

– ознакомление с основными типами оборудования и аппаратуры, применяемых для создания крупной установки;

– знакомство с конкретной техникой плазменных установок (в том числе и в ходе экскурсии на крупнейшие действующие установки ИЯФ СО РАН).

Курс читали А. Г. Пономаренко (1981–1984 гг.), В. Г. Дудников (1988 г.), В. С. Койдан (с 1989 по 2003 г.), с 2004 г. лектор – В. И. Давыденко.

Дисциплина «Низкотемпературная плазма и газовый разряд» предназначена для обучения студентов-физиков основам физики газового разряда и изучения особенностей низкотемпературной плазмы. Главной целью освоения дисциплины является ознакомление с основными типами газового разряда и с рядом физических процессов, имеющих существенное значение для поддержания низкотемпературной плазмы.

Задачи курса:

– рассмотрение основных элементарных процессов в низкотемпературной плазме;

– изучение основных типов газового разряда и механизмов поддержания низкотемпературной плазмы;

– знакомство с применениями газоразрядной плазмы.

Данный курс читается с 1975 г. Его преподавали Б. А. Князев (1981–1988 гг. и 1996–1999 гг.), В. И. Давыденко (1989–1996 гг. и 2000–2003 гг.), в настоящее время лектор – Ю. И. Бельченко.

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования плазмы, ч. 1» предназначена для обучения студентов-физиков экспериментальным методам исследования плазмы. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с основными методами и оборудованием используемыми для экспериментального исследования плазмы, принципом работы современных диагностических комплексов на плазменных установках, а также с методом обработки и интерпретации полученных экспериментальных данных.

Задачи курса:

- изучение основ и методов зондовых измерений в плазме (электрические и магнитные зонды);
- знакомство с пассивными методами диагностики плазмы;
- изучение методов активной корпускулярной диагностики плазмы;
- знакомство с диагностикой нейтронов и других продуктов термоядерных реакций;
- обучение методам обработки и интерпретации экспериментальных данных.

Данный курс читается на кафедре физики плазмы более 20 лет. Первым лектором был Э. П. Кругляков (1972 г.), затем курс преподавали В. М. Лагунов, А. А. Иванов (с 1988 по 1999 г.), П. А. Багрянский (2000–2003 гг.) и А. В. Аникеев (2004–2005 гг.).

Дисциплина «Экспериментальные методы исследования плазмы, ч. 2» предназначена для обучения студентов-физиков основам экспериментальной техники, используемой для определения параметров плазмы. Главной целью освоения дисциплины является ознакомление с физическими основами методов, используемых для диагностики высокотемпературной плазмы, а также с примерами конкретной аппаратной реализации рассматриваемых диагностических систем. Курс посвящен некоторым разделам диагностики плазмы, которые не рассматривались ранее в курсе «Экспериментальные методы исследования плазмы, ч. 1» (главным образом это оптические диагностики плазмы, диагностики мощных пучков заряженных частиц и системы сбора данных крупных плазменных установок).

Задачи курса:

- изучение физических основ методик диагностики плазмы;
- изучение различных методик диагностики плазмы (в пределах тематики курса);
- ознакомление с основными типами физико-технической аппаратуры, применяемой для диагностики плазмы;
- знакомство с конкретной аппаратной реализацией изучаемых диагностических методик (в том числе и в ходе экскурсии на крупнейшие действующие установки ИЯФ СО РАН); знакомство с решением конкретных физических проблем при помощи изучаемых диагностик.

Данный курс читается на кафедре физики плазмы более 15 лет. Его преподавали: Б. А. Князев (1988–1991 гг.), С. В. Лебедев (1994 г.), А. В. Бурдаков (1995–2001 гг.).

С 2002 г. лектором является В. В. Поступаев.

Вторая группа спецкурсов

Дисциплина «Инженерно-физические проблемы УТС» предназначена для обучения магистрантов-физиков текущему состоянию экспериментальных работ по проблеме управляемого термоядерного синтеза. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с физическими основами проблемы УТС и различными подходами к ее реализации. Курс знакомит слушателей с состоянием исследований на современных термоядерных установках разных классов. Рассматриваются основные направления: классические и «сферические» токамаки, стеллараторы, другие системы с магнитным удержанием, системы инерциального УТС. Вне этого рассмотрения оставлены открытые ловушки для удержания плазмы, поскольку они выделены в отдельный курс.

Задачи курса:

- знакомство со структурой и перспективами (в том числе экологическими) мировой энергетики;
- изучение физических основ термоядерной энергетики;
- изучение физических основ различных подходов к проблеме УТС;
- изучение современного состояния работ по основным направлениям УТС.

Данный курс читается более 15 лет, он преподавался В. Г. Дудниковым (1988–1991 гг.), А. А. Кабанцевым (с 1994 по 1998 г.). В 2000 г. курс полностью переработан В. В. Поступаевым, который читает его и в настоящее время.

Дисциплина «Плазменные технологии» предназначена для обучения студентов-физиков основам современных вакуумно-плазменных технологий. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление студентов с новейшими, плазменными технологиями обработки материалов и создания микроструктур, широко используемыми в современном вакуумно-плазменном производстве изделий микроэлектроники и микромеханики, а также с физическими явлениями, лежащими в их основе.

Задачи курса:

- изучение основных процессов и закономерностей технической газоразрядной плазмы;

– изучение процессов на поверхностях, взаимодействующих с пучками частиц и плазмой;

– изучение основных типов используемых в технологическом процессе газоразрядных систем;

– знакомство с плазменными методами создания и обработки материалов, нанесения покрытий и пленок, модификацией поверхности;

– ознакомление с методами диагностики поверхности.

Данный курс является оригинальным, в НГУ читается с 1995 г. Первым лектором был В. Г. Дудников, с 1996 г. его бессменно читал Ю. И. Бельченко, ему помогали А. С. Золкин (2001 г.) и И. Н. Чуркин (2004 г.).

Дисциплина «Плазма в космосе» предназначена для ознакомления студентов-физиков, специализирующихся в области физики плазмы, с терминологией и теоретическими основами астрофизики. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление магистрантов с фундаментальными физическими процессами, происходящими в космосе, строением и эволюцией наблюдаемой части Вселенной, а также с экспериментальными методами и теоретическими моделями, используемыми для изучения и описания космической плазмы.

Задачи курса:

– ознакомление с наблюдательными основами астрофизики и космологии, теориями эволюции Вселенной;

– ознакомление с классификацией, характеристиками и теоретическими моделями галактик, звезд, межзвездного газа, пыли, плазмы и магнитного поля;

– изучение основных теоретических моделей строения звезд и звездных атмосфер, в том числе Солнца;

– знакомство с наблюдениями и механизмами генерации космических лучей;

– ознакомление со структурой и основными плазменными процессами в магнитосфере Земли.

Курс читается более 25 лет, основа заложена Д. Д. Рютовым, затем его преподавал И. А. Котельников, а с 1999 г. в полностью переработанном виде курс читает А. Д. Беклемишев.

Дисциплина «Физика открытых ловушек» предназначена для обучения магистрантов-физиков и аспирантов текущему состоянию исследований открытых магнитных ловушек для удержания высокотемпе-

ратурной плазмы. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с физическими принципами, определяющими работу открытых магнитных ловушек. Курс знакомит слушателей с состоянием теоретических и экспериментальных исследований на открытых ловушках различных модификаций. Особое внимание уделяется рассмотрению перспектив открытых ловушек в качестве мощных нейтронных генераторов для различных применений.

Задачи курса:

– изучение физики удержания плазмы в простейшей открытой ловушке – пробкотроне;

– изучение физических основ различных модификаций открытых ловушек с улучшенными характеристиками;

– изучение физических основ работы нейтронных генераторов на основе открытых магнитных ловушек;

– определение перспектив использования открытых ловушек для УТС.

В 1995 и 1996 гг. курс читал А. М. Кудрявцев, затем в 1996–1998 гг. – В. И. Давыденко, с 1999 г. – А. А. Иванов.

Дисциплина «Мощные импульсные пучки» предназначена для обучения студентов-физиков теоретическим и экспериментальным основам физики мощных электронных и ионных пучков. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с принципами генерации и транспортировки мощных пучков заряженных частиц, устройствами для их реализации и теоретическими моделями для описания процессов, происходящих во время генерации и транспортировки.

Задачи курса:

– изучение основ создания мощных импульсных накопителей энергии для питания устройств, генерирующих мощные пучки заряженных частиц;

– ознакомление с физическими принципами работы устройств, используемых для генерации и транспортировки мощных электронных и ионных пучков;

– изучение основных способов измерения параметров пучков;

– ознакомление с основными применениями мощных пучков в технике и научных исследованиях;

– обучение базовым методам, используемым при анализе вопросов равновесия и устойчивости пучков при транспортировке их в вакууме и плазме.

Курс разработал в 1993 г. А. В. Аржанников и читал до 2001 г., затем его сменил С. Л. Синицкий.

Дисциплина «Дополнительные главы теории плазмы» предназначена для ознакомления студентов-физиков, специализирующихся в области физики плазмы, с терминологией и основными результатами теоретической физики плазмы, теории турбулентности и динамики сложных систем в приложении к физике горячей плазмы. Основной целью освоения дисциплины является создание предпосылок для понимания магистрантами, в том числе экспериментаторами, специальных теоретических статей в процессе самостоятельной научной работы.

Задачи курса:

- изучение основ кинетической теории и столкновительных переносов;
- ознакомление с терминами и фундаментальными теоремами теории динамического хаоса;
- ознакомление с современными представлениями о динамике частиц в магнитных ловушках;
- знакомство с моделями плазменной турбулентности и аномальных переносов.

Курс разработан и читается с 2002 г. А. Д. Беклемишевым.

Дипломная практика

Навыки самостоятельной научно-исследовательской работы студенты получают в ходе практики, которая начинается с седьмого семестра. В распоряжении студентов все научное оборудование, библиотека ИЯФ с уникальной коллекцией учебной, периодической отечественной и зарубежной литературы.

Особенно глубокие знания выпускники кафедры приобретают в тех направлениях современной физики, которые представлены в научных исследованиях Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. К основным направлениям можно отнести физику и технику получения, удержания и диагностики высокотемпературной плазмы в открытых ловушках различного типа, а также физику и технику для генерации мощных релятивистских электронных пучков и пучков нейтральных атомов. Помимо решения проблем нагрева и диагностики плазмы, такие пучки имеют перспективы промышленного применения. Подготовка выпускников кафедры ведется и в других институтах СО РАН: Институте автоматики и электро-

метрии, Институте вычислительных технологий, Институте теоретической и прикладной механики. Исследования, в которых участвуют выпускники кафедры, в этих институтах, в частности, касаются нелинейного взаимодействия электромагнитного излучения с нейтральными средами и плазмой, а также моделирования плазменных процессов, протекающих в космическом пространстве.

Высокий уровень подготовки специалистов на кафедре физики плазмы обеспечивается: наличием высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава и современного учебного и научного оборудования, правильным выбором преподаваемых учебных дисциплин и учебной литературы, вовлечением студентов старших курсов в исследовательскую работу по направлениям современной физики, оптимальным сочетанием экспериментальных и теоретических методов в проведении исследований. Участие аспирантов и студентов в научно-исследовательской работе проходит главным образом в лабораториях ИЯФ, который является базовым институтом для кафедры. Знания и навыки, полученные выпускниками кафедры, позволяют им активно включаться в исследования по управляемому термоядерному синтезу, физике мощных пучков заряженных частиц и нейтральных атомов, а также по пучково-плазменным технологиям.

Экспериментальная база

Установка ГОЛ-3 была создана для изучения важных физических проблем, связанных с созданием термоядерной плазмы с помощью нагрева электронным пучком и ее удержанием в длинных многопробочных магнитных системах открытого типа. В настоящее время достигнута температура плазмы 1–2 кэВ при плотности $\sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и времени удержания до 1 мс. В числе исследуемых вопросов – пучковый нагрев плотной плазмы, многопробочное удержание ионной компоненты плазмы, продольные потери энергии за счет электронной теплопроводности, стеночное удержание плотной плазмы, использование плазмы тяжелых элементов для создания лазеров в ультрафиолетовом диапазоне, исследование эрозии и модификации твердотельных материалов при воздействии мощных плазменных и электронных потоков.

Потенциальные научные руководители: А. В. Бурдаков, В. В. Поступаев, А. Ф. Ровенских, К. И. Меклер, С. В. Полосаткин, В. Т. Астрелин, И. А. Иванов.

Сильноточные релятивистские электронные пучки используются для нагрева плотной плазмы в установке ГОЛ-3 и для генерации мощных импульсов когерентного СВЧ-излучения миллиметрового диапазона (**установка ЭЛМИ**). Для генерации таких пучков в течение почти 40 лет в ИЯФ создавались ускорители с энергией электронов ~ 1 МэВ, током 10–100 кА и энергозапасом от 100 Дж до 0,4 МДж. В настоящее время на ускорителе У-2 генерируется уникальный ленточный пучок с рекордным для микросекундных пучков энергосодержанием $\sim 0,4$ МДж, который инжектируется далее в плазму установки ГОЛ-3. На этом ускорителе ведутся исследования по генерации, транспортировке и компрессии электронных пучков.

На установке ЭЛМИ, представляющей собой лазер на свободных электронах, изучается процесс генерация СВЧ-излучения в резонаторе под действием электронного пучка, создаваемого ускорителем У-3. Полученная в настоящее время мощность когерентной электромагнитной волны с частотой 75 ГГц составляет ~ 10 МВт при длительности $\sim 0,5$ мкс. Исследуются спектральные свойства излучения, а также его пространственная и временная когерентности.

Потенциальные научные руководители: А. В. Аржанников, С. Л. Синецкий.

Установка ГДЛ (газодинамическая ловушка) является стендом для экспериментального изучения важных физических проблем, связанных с удержанием термоядерной плазмы в длинных магнитных системах открытого типа. В числе исследуемых вопросов – физика продольных потерь частиц и энергии, равновесие и магнитогидродинамическая устойчивость плазмы, микронеустойчивость. Эксперименты на установке ГДЛ дали ответ на несколько классических вопросов физики горячей плазмы. Среди этих вопросов – влияние эффектов конечного ларморовского радиуса на пространственный спектр неустойчивых желобковых мод, подавление продольной электронной теплопроводности плазмы расширяющимся магнитным полем, МГД-стабилизация плазмы высокого давления в длинном осесимметричном пробкотроне.

В настоящее время установка ГДЛ модернизируется. Цель модернизации – использовать для нагрева плазмы мощные атомарные инжекторы нового поколения. Такие инжекторы, недавно созданные в ИЯФ, обладают уникальными характеристиками и, согласно расчетам, дают возможность получить рекордные параметры горячей плазмы, что позволит провести ряд экспериментов по детальному изучению физики удержания и нагрева плазмы с параметрами, характерными для термоядерных реакторов будущего.

Потенциальные научные руководители: А. А. Иванов, П. А. Багрянский, А. В. Аникеев, А. А. Лизунов, В. В. Максимов, С. В. Мураштин.

Для диагностики и нагрева плазмы на крупных термоядерных установках широко используются **атомарные пучки**. Группа занимается исследованиями, связанными с разработкой таких инжекторов для различных применений. Спектр разрабатываемых инжекторов чрезвычайно широк, он охватывает как сравнительно маломощные импульсные диагностические инжекторы, так и квазистационарные мегаваттные инжекторы для нагрева плазмы. На исследовательских стендах проводятся испытания плазменных эмиттеров, ионных источников. За время существования группы были разработаны и изготовлены инжекторы для термоядерных установок в различных странах Европы и Америки, где они успешно работают.

Потенциальные научные руководители: П. П. Дейчули, Н. В. Ступишин, И. В. Шиховцев.

Плазма в ускорителях. Плазма способна выдерживать, не разрушаясь, огромные электрические поля и токи, поэтому в последнее время интенсивно изучается возможность применения плазмы в ускорителях будущего для ускорения и фокусировки пучков. Идеи о гибриде трудноконтролируемой плазмы и прецизионного ускорителя перестали казаться фантастикой относительно недавно, поэтому в данной области открывается много новых, нетронутых задач.

Потенциальные научные руководители: К. В. Лотов, П. В. Логачев, А. В. Бурдаков.

Плазменные технологии и борнейтронзахватная терапия (БНЗТ). Пучки заряженных и нейтральных частиц имеют широкое применение в промышленности. Од-

ним из применений является создание основанного на ускорителе источника нейтронов для нейтронзахватной терапии и терапии быстрыми нейтронами в условиях госпиталя. Пучок отрицательных ионов водорода инжектируется в ускоритель-тандем, и после перезарядки отрицательного иона водорода в протон на выходе из тандема формируется протонный пучок. В результате реакции ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ при сбросе интенсивного протонного пучка на литиевую мишень генерируется поток нейтронов. Раствор, содержащий стабильный изотоп бор-10, вводится в кровь человека, и через некоторое время бор сорбируется в клетках. Затем опухоль облучается потоком эпитепловых нейтронов. В результате захвата теплового нейтрона стабильным изотопом ${}^{10}\text{B}$ происходит ядерная реакция и образуются энергетичные α -частица, ион ${}^7\text{Li}$ и в 94 % случаев γ -квант. Образующиеся γ -частица и ион ${}^7\text{Li}$ быстро тормозятся и выделяют энергию 2,3 МэВ на длине порядка 10 мк, т. е. на длине размера клетки. Такое быстрое торможение и, соответственно, громадный локальный нагрев приводят к поражению именно той клетки, которая содержала ядро бора. Таким образом, если обеспечить более высокую концентрацию ${}^{10}\text{B}$ в раковой клетке по сравнению со здоровой, то БНЗТ позволит осуществить избирательное поражение раковой опухоли.

Потенциальные научные руководители: Ю. И. Бельченко, Г. И. Димов, С. Ю. Таскаев.

Лаборатория вычислительной физики Института вычислительных технологий СО РАН

Основным направлением ее деятельности является численное моделирование нелинейных и нестационарных процессов в лабораторной и космической плазме на основе физико-математических моделей различного уровня сложности. В лаборатории на основе гибридных моделей выполняются исследования бесстолкновительного взаимодействия плазменных потоков; на основе релятивистских кинетических моделей изучаются процессы взаимодействия мощного лазерного излучения с плазмой. Для изучения течений плазмы в окрестности особых линий магнитного поля и численного моделирования плазменных ловушек-галатей используются магнитогидродинамические модели.

Потенциальные научные руководители: Г. И. Дудникова, В. П. Жуков, Ю. Н. Морозов, М. П. Федорук.

Перспективы для выпускников кафедры в новом тысячелетии

В настоящее время плазменные технологии повсеместно используются в промышленности: плазма может резать металл и модифицировать поверхность, делая ее сверхтвердой, сверхпрочной, с нужным коэффициентом трения и т. д. Плазма в электрореактивных двигателях ускоряет космические спутники, а в газоразрядных лампах она освещает дома. Все производство современных компьютеров и микроэлектроники происходит с использованием плазменных технологий. Более 90 % видимой части Вселенной – это плазма. Наконец, другое важнейшее применение плазмы – управляемый термоядерный синтез (УТС), который уже в обозримом будущем принесет в дома дешевое электричество. Все эти быстроразвивающиеся области науки и техники требуют новых специалистов, поэтому выпускник нашей кафедры никогда не останется без высокооплачиваемой работы.

Основное направление подготовки специалистов на кафедре – физика плазмы применительно к УТС. В этом году начато строительство во Франции токамака – реактора нового поколения ИТЭР. В проекте участвуют Россия и значительная часть мирового сообщества. Это демонстрирует высокую заинтересованность общества в УТС, в том числе, в открытых плазменных ловушках, на которых специализируется ИЯФ.

Достижения выпускников кафедры

Кафедра имеет тесные связи с другими вузами и научными учреждениями России, США, Германии, Италии и стран СНГ. Выпускники кафедры работают в исследовательских центрах физико-математического и физико-технического направлений, а также в государственных и частных фирмах, занимающихся созданием уникальных приборов и разработкой новых технологий. Эти учреждения располагаются в различных городах России и в таких зарубежных странах, как Англия, Германия, Израиль, США. Наши выпускники работают также преподавателями дисциплин физико-математического



Выпускники кафедры разных лет встретились в Оксфорде в июле 2006 г. на конференции по мощным импульсным пучкам.

Слева направо: аспирант И. Тимофеев (НГУ, Новосибирск), канд. физ.-мат. наук С. В. Лебедев (Империял колледж, Лондон), проф. А. В. Аржанников (НГУ), канд. физ.-мат. наук С. Л. Сеницкий (ИЯФ, Новосибирск), чл.-корр. РАН М. И. Яландин (ИЭ УрО РАН, Екатеринбург), д-р физ.-мат. наук В. В. Ростов (ИСЭ СО РАН, Томск)

профиля в вузах, колледжах и школах России, а также возглавляют лаборатории ИЯФ (А. А. Иванов) и Института теплофизики (С. А. Новопашин), Томский научный центр СО РАН (С. Д. Коровин), Институт электрофизики УрО РАН (М. И. Яландин) и физический факультет НГУ (А. В. Аржанников). Лучшие выпускники магистратуры проходят обучение в аспирантуре и защищают кандидатские диссертации.

За время существования кафедры на ней специализировались и защитили квалификационные работы 190 специалистов, 63 магистра и 39 бакалавров. Из них более 90 чел. защитили кандидатские и 20 – докторские диссертации. Квалификационные работы выпускников кафедры регулярно отмечаются дипломами «За лучшую студенческую работу».

Выпускники кафедры участвовали во многих грантах РФФИ, МНТЦ, INTAS, CRDF, получали Лаврентьевские гранты СО РАН для молодых ученых, гранты ФЦП «Интеграция», гранты по программе «УТС

и плазменные процессы», государственные научные стипендии для молодых ученых, грант фонда содействия отечественной науке по номинации «молодые кандидаты наук», грант Потанина для молодых преподавателей, грант Роснауки для научной школы акад. Э. П. Круглякова, были победителями конкурса-экспертизы научных проектов молодых ученых РАН, получали Государственную премию СССР, премии РАН им. Л. А. Арцимовича, премии им. Г. И. Будке-



Выпуск 2003 г. – бакалавры

ра, премии администрации Новосибирской области за научные результаты.



Выпуск 2003 г. – магистры

Некоторые научные достижения выпускников кафедры:

– А. В. Аржанников и С. Л. Синицкий изучили физику сильноточных ленточных электронных пучков и достигли в них рекордного энергозапаса;

– С. Д. Коровин разработал генераторы микроволнового излучения, работающие в периодическом режиме;

– В. М. Малкин решил проблему автомодельного коллапса ленгмюровских волн;

– Г. В. Ступаков разработал теорию неоклассического переноса плазмы в открытых ловушках;

– Д. Д. Рютов и И. А. Котельников разработали теорию плазмы с двумя популяциями частиц с существенно различной энергией;

– А. А. Иванов, Г. В. Росляков и П. А. Багрянский исследовали удержание двухкомпонентной плазмы высокого давления в газодинамической ловушке;

– К. В. Лотов теоретически предсказал эффективный режим плазменного кильватерного ускорения;

– Э. П. Кругляков, В. С. Бурмасов, Л. Н. Вячеславов, И. В. Кандауров, С. С. Попов и А. Л. Санин исследовали сильную ленгмюровскую турбулентность и явление коллапса ленгмюровских волн.