

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

Институт физических исследований и технологий

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины **Физика плазмы**

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

03.06.01 Физика и астрономия

Направленность программы (профиль)

01.04.08 Физика плазмы

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

1. Цели и задачи дисциплины:

Рассматриваемая дисциплина является основной при подготовке аспирантов по профилю 01.04.08 - Физика плазмы.

Целями изучения дисциплины являются:

- систематизация знаний о физических процессах и явлениях в плазмообразующих средах для применения этих знаний при работе в различных областях науки, техники;
- развитие способностей к самообразованию для реализации личностного потенциала.

Задачи изучения дисциплины являются:

- ознакомление с методами исследования и технологиями использования плазменных систем;
- закрепление приобретенных знаний, навыков и умений, формирование мотивации к росту профессионального мастерства путем решения проблемно-ориентированных задач;

участие аспирантов с докладами на научных семинарах кафедры и научных конференциях, а также оформлением публикаций по результатам исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Учебная дисциплина «Физика плазмы» входит в вариативную часть ООП.

Дисциплина «Физика плазмы» необходима при подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины «Физика плазмы» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по профилю подготовки 01.04.08 – Физика плазмы.

Профессиональные компетенции:

Владение фундаментальными знаниями в основных разделах физики плазмы, обладание навыками современных методов исследования, умение использовать информационно-поисковые системы в физике плазмы, а также владение техникой экспериментальных исследований (ПК-3)

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

знать

основные законы и положения включенных в программу кандидатского экзамена разделов физики плазмы

уметь

находить и анализировать научную информацию о теоретических моделях физических явлений.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	8	-
В том числе:		
<i>Индивидуальные консультации с преподавателем</i>	8	-
<i>Кандидатский экзамен</i>	36	-
Самостоятельная работа (всего)	64	-
Общая трудоемкость час	108	-
зач. ед.	3	-

5. Содержание дисциплины

Содержание дисциплины совпадает с программой кандидатского экзамена по специальности 01.04.08 “Физика плазмы”. Дисциплина содержит следующие разделы:

1. Основные понятия физики плазмы

Понятие плазмы. Квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Образование плазмы и элементарные физические процессы в плазме: диссоциация, возбуждение, ионизация, рекомбинация, тормозное излучение, перезарядка, ядерные реакции синтеза. Упругие (кулоновские) столкновения частиц плазмы. Кулоновский логарифм. Длина свободного пробега и частота упругих столкновений в плазме.

2. Термодинамика плазмы

Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации. Вырождение плазмы, статистика Больцмана и Ферми-Дирака, модель Томаса-Ферми.

3. Методы описания плазмы

Понятие о методах описания динамических плазменных явлений: изучение движения отдельных частиц плазмы; гидродинамика плазмы; кинетика плазмы; линейное приближение.

4. Кинетика плазмы

Уравнения Больцмана и Власова, столкновительный член, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов). Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля. Амбиполярная диффузия. Убегающие электроны.

5. Волны в плазме

Колебания и волны в однородной немагнитной плазме. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Дисперсионное уравнение для плазмы. Законы дисперсии высокочастотных (ленгмюровских) и низкочастотных (звуковых) продольных волн в плазме. Затухание Ландау. Основные механизмы затухания волн в плазме. Проблемы устойчивости плазмы, основные виды кинетических неустойчивостей плазмы, пучковая неустойчивость. Распространение в плазме поперечных волн. Эффект "отсечки".

6. Движение частиц

Плазма в одночастичном приближении. Движение заряженной частицы в магнитном поле, движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение. Дрейф в электрическом поле, в поле внешней силы, в неоднородном магнитном поле, тороидальный дрейф. Брацательное преобразование. Токамак, стелларатор. Адиабатические инварианты: поперечный (сохранение магнитного момента), продольный инвариант, сохранение магнитного потока. Открытые ловушки.

7. Магнитная гидродинамика

Магнитная гидродинамика плазмы. Магнитное давление. Параметр β . Проникновение магнитного поля в плазму, вмороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч. Колебания и волны в замагниченной плазме: альфвеновская волна, магнитозвуковые волны. Диэлектрическая проницаемость плазмы в области низких частот, гибридные частоты, вистлеры. Обыкновенные и необыкновенные волны в плазме.

Проблема макроскопической устойчивости плазмы. Основные виды магнитогидродинамических неустойчивостей, методы их подавления. Энергетический принцип МГД-устойчивости. Критерий Шафранова-Крускала. Желобковая неустойчивость плазмы. Принцип “минимума B ”.

8. Диагностика плазмы

Представления о методах диагностики плазмы: оптическая спектроскопия, просвечивание СВЧ и лазерными лучами, корпускулярная диагностика, зондовые методы. Особенности диагностики быстрых процессов.

9. Применение плазмы

Состояние термоядерных исследований - последние достижения, новые вопросы. Применение плазмы: плазменные источники излучения, электрореактивные движители, плазмохимические генераторы, МГД-генераторы, обработка поверхности (очистка, упрочнение), ионное легирование.

6. Лабораторный практикум не предусмотрен

7. Структура курса

Организационно-методическое построение курса.

Курс состоит из лекций, практических занятий (семинаров), предусмотрено проведение консультаций. Лекции проводятся в интерактивном режиме – слушатели вовлекаются в дискуссию методом постановки вопросов по представленному материалу, а также по материалу, отвечающему базовому уровню подготовки. Вопросы формулируются в форме, провоцирующей активную реакцию слушателей.

Формат семинара – разбор материала, данного слушателям для самостоятельной проработки с целью лучшего усвоения и закрепления полученных знаний, а также для получения опыта их практического использования. Материал имеет форму практических задач, решение которых требует как аналитических, выкладок так иногда и ограниченного компьютерного моделирования. Семинар проходит в дискуссионной форме и носит характер мастер-класса.

Промежуточная аттестация в течение семестра проводится в виде теста по пройденному материалу. В конце семестра – экзамен в письменной форме. Экзаменационная

задание содержит только задачи, решение которых требует активного использования полученных в течение семестра знаний. После собеседования выставляется итоговая оценка.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная аудитория или учебная аудитория с возможностью использования проектора и компьютерной техники для занятий по представлению презентационных материалов обучающимися. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для проведения обучающимися самостоятельной работы и проведения компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

9. Информационное обеспечение дисциплины:

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).
- ОС Linux, офисный пакет LibreOffice (лицензия MPL-2.0), ПО для просмотра pdf (например, evince (лицензия GPL-2+ CC-BY-SA-3.0)).

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- Электронная библиотека РГБ <http://www.rsl.ru/>
- Сайт библиотеки РУДН <http://lib.rudn.ru/>
- Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>. Журналы и книги издательства Springer/Kluwer охватывают различные области знания и разбиты на предметные категории.
- Taylor & Francis <http://www.informaworld.com>. Коллекция журналов насчитывает более 1000 наименований по всем областям знаний.
- Электронная библиотека <http://www.rsl.ru/>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

Литература

Основная литература

1. В.И. Ильгисонис. Классические задачи физики горячей плазмы. Курс лекций. М., Изд. дом МЭИ, 2015.
2. В.И. Ильгисонис. Введение в теоретическую гидродинамику. М., РУДН, 2010.
3. Б.Б. Кадомцев. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 2008.

Дополнительная литература

1. Александров А.Ф., Кузелев М.В. Радиофизика. Физика электронных пучков и основы высокочастотной электроники: учебное пособие. М.: КДУ, 2007, 300 с.
2. Ю.В. Бобылев, М.В. Кузелев. Нелинейные явления при электромагнитных взаимодействиях электронных пучков с плазмой. М.: Физматлит, 2009, 456 с.
3. Умнов А.М., Туриков В.А., Муратов М.Н., Сковорода А.А. Современные методы вычислительного эксперимента в прикладной физике. Учебное пособие. – М.: РУДН, 2008.
4. Ю.С. Сигов Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы. - М: Физматлит, 2008. 286 с.
5. К. Миямото. Основы физики плазмы и управляемого синтеза. М.: Физматлит. 2007.
6. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.
7. Кролл Н., Трайвелпис А. Основы физики плазмы. М.: Мир, 1975.

8. Чен Ф. Введение в физику плазмы. - М.: Мир, 1987.
9. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том. Ч. I-IV/ Под ред. В.Е. Фортова. М.: Наука, 2000.
10. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. М.: Высш. шк., 1988.
11. Трубников Б.А. Теория плазмы: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1996.
12. Лукьянов С.Ю., Ковальский Н.Г. Горячая плазма и управляемый термоядерный синтез: Учеб. для вузов. М.: МФТИ, 1999.
13. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.
14. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках. – М.: МИФИ, 2000.
15. Основы физики плазмы. Т.1, 2 и доп. к т. 2. / Под ред. Р.З. Сагдеева, М.Н. Розенблюта. М.: Энергоатомиздат, 1984-1985.
16. В.И. Ильгисонис. Введение в теоретическую гидродинамику. М., РУДН, 2010.
17. Смирнов Б.М. Введение в физику плазмы. - М.: Наука, 1982.
18. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов. М.: Наука, 1998.
19. Методы исследования плазмы / Под ред. В. Лохте-Хольгрена. М.: Мир, 1971.
Диагностика плазмы / Под ред. Р. Хаддлстоуна, С. Леонарда. М.: Мир, 1967.
20. Г. Бейтман. МГД-неустойчивости. М.: Энергоиздат. 1982.
21. Г. Хакен Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. - М.: КомКнига, 2005. 248 с.
22. Ч. Бэдсел, А. Ленгдон Физика плазмы и численное моделирование. – М: Энергоатомиздат, 1989.
23. Умнов А.М., Туриков В.А., Муратов М.Н., Сковорода А.А. Современные методы вычислительного эксперимента в прикладной физике. Учебное пособие. – М.:РУДН, 2008.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Основным методом обучения по курсу является самостоятельная подготовка аспирантов по вопросам, изложенным в программе, с регулярным обсуждением изученных вопросов на индивидуальных консультациях с преподавателем.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов поддерживается учебниками и учебно-методическими пособиями, приведенными в списке основной и дополнительной литературы, а также обзорными статьями в научных журналах

Текущий контроль успеваемости происходит на индивидуальных консультациях.

Окончательная оценка работы аспиранта в течение семестра в рамках сдачи кандидатского экзамена по специальности 01.04.08 «Физика плазмы».

Образцы вопросов для подготовки к экзамену – вопросы формулируются идентично названиям подразделов программы курса, представленной выше в п. 4. В экзаменационные билеты включается по два вопроса из основной и дополнительной программы кандидатского экзамена.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Физика плазмы» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные

задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.06.01 «Физика и астрономия»

Директор института физических исследований и технологий,

д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза