

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика и техника низкотемпературной плазмы Б1.В.ДВ.4

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Воронина Е.В.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Воронина Е. В.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 654017

Казань
2017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Воронина Е.В. Кафедра физики твердого тела Отделение физики, Elena.Voronina@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина "Физика и техника низкотемпературной плазмы" относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на усвоении современных представлений о физических и химических свойствах плазменно-пылевых образований, а также о возможности использования плазменно-пылевых технологий в перспективных областях промышленности. Курс опирается на знания по курсам "Электричество и магнетизм", "Оптика", "Атомная физика", "Термодинамика", "Квантовая механика". Основу методики изучения курса составляют лекции и практические занятия.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Курс "Физика и техника низкотемпературной плазмы" излагается в первом семестре третьего года обучения бакалавриата. Знания, полученные студентами при изучении таких курсов как "Электричество и магнетизм", "Оптика", "Атомная физика", "Термодинамика", "Квантовая механика" обеспечивают данную дисциплину. После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, выбору объектов исследования в связи с их свойствами при решении научных и научно-прикладных проблем, связанных с подготовкой бакалаврской диссертации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ПК-2 (профессиональные компетенции)	готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность рассчитывать и проектировать основные параметры наноструктурных материалов различного функционального назначения

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- Термодинамику плазмы;
- Элементарные процессы плазмы;
- Физическую кинетику плазмы;
- Динамику заряженных частиц в электрическом и магнитном полях;
- Магнитную гидродинамику плазмы;
- Неустойчивости плазмы;

- Колебания и волны в плазме;
- Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме;
- Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой;
- Диагностику плазмы;
- О электрических разрядах в газах;
- Гидродинамические и тепловые явления в плазме;
- Прикладные проблемы физики плазмы;

2. должен уметь:

- выполнять расчеты основных свойств плазмы;
- обоснованно выбирать методы изучения плазмы;
- пользоваться общенаучной и специальной литературой.

3. должен владеть:

- по анализу разнообразных элементарных процессов плазмы для научно обоснованного выбора соответствующей плазменной системы, наиболее подходящей для решения конкретной задачи; по исследованию плазмы с использованием современных методов диагностики.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к проведению экспериментальных исследований результаты исследований, представлению материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

к проведению экспериментальных исследований по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;

готовностью к расчету и проектированию основных параметров наноструктурных материалов различного функционального назначения;

к освоению и применению современных физико-математические методов и методов искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов;

Способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций;

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Развитие физики плазмы как науки.	5		2	2	0	
2.	Тема 2. Термодинамика плазмы	5		2	4	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Элементарные процессы в плазме	5		4	6	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Физическая кинетика	5		2	4	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях	5		2	4	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Магнитная гидродинамика плазмы	5		4	4	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Неустойчивость плазмы	5		2	4	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Колебания и волны в плазме	5		2	4	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме	5		2	4	0	Устный опрос
10.	Тема 10. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой. Излучение плазмы	5		4	4	0	Устный опрос
11.	Тема 11. Диагностика плазмы	5		2	4	0	Устный опрос
12.	Тема 12. Электрический разряд в газах Гидродинамические и тепловые явления в плазме	5		4	4	0	Письменная работа
13.	Тема 13. Прикладные проблемы физики плазмы	5		0	6	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Экзамен

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого			32	54	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Развитие физики плазмы как науки.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение Предмет изучения. Развитие физики плазмы как науки.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Взаимодействие плазмы с поверхностью твердых тел. Плазменные технологии (травление, имплантация, упрочнение)

Тема 2. Термодинамика плазмы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма.

практическое занятие (4 часа(ов)):

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

Тема 3. Элементарные процессы в плазме

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц. Ионизация, рекомбинация, перезарядка и прилипание. Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом

практическое занятие (6 часа(ов)):

Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом Изучение плазмы газового разряда в неоне.

Тема 4. Физическая кинетика

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов).

практическое занятие (4 часа(ов)):

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. Кинетика возбужденных молекул в плазме.

Тема 5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Заряженная частица в высокочастотном поле. Понятие адиабатического инварианта. Индукционный газовый разряд

Тема 6. Магнитная гидродинамика плазмы

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, замороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Двухжидкостное приближение.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Управляемый термоядерный синтез, магнитное удержание и нагрев плазмы в магнитных ловушках и инерциальных системах.

Тема 7. Неустойчивость плазмы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегревная и ионизационная неустойчивости. Энергетический принцип МГД-устойчивости.

Тема 8. Колебания и волны в плазме

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные типы колебаний и волн в плазме: лэнгмюровские электронные и ионные, электромагнитные, ионно-звуковые, магнитозвуковые, альфвеновские. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Релаксационные колебания.

Тема 9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц.

Тема 10. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой. Излучение плазмы

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме, геометрическая оптика, плазменный резонанс, циклотронный резонанс, линейная трансформация. Основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле. Рассеяние и трансформация волн.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание. Пробег излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность.

Тема 11. Диагностика плазмы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Зондовые методы, оптические методы, СВЧ-методы, корпускулярные методы, лазерное рассеяние, магнитные измерения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Энергетика химических реакций в электрических разрядах. Закалка продуктов плазмохимических процессов. Методы диагностики химически активной плазмы.

Тема 12. Электрический разряд в газах Гидродинамические и тепловые явления в плазме

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд. Условия стационарности разряда, излучающий разряд в плотной плазме, плазменно-пучковый разряд.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн, нелинейные волны теплопроводности. Токовые слои.

Тема 13. Прикладные проблемы физики плазмы

практическое занятие (6 часа(ов)):

Геофизические и астрофизические плазменные явления : ионосфера Земли, межпланетная плазма, звезды. Плазменные источники излучения, плазменная СВЧ-электроника.

Преобразование тепловой энергии в электрическую: МГД-преобразователи, тепловые преобразователи.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Термодинамика плазмы	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Элементарные процессы в плазме	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Физическая кинетика	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Магнитная гидродинамика плазмы	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Неустойчивость плазмы	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
8.	Тема 8. Колебания и волны в плазме	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой. Излучение плазмы	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Диагностика плазмы	5		подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Электрический разряд в газах Гидродинамические и тепловые явления в плазме	5		подготовка к письменной работе	2	письменная работа
	Итого				22	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

В соответствии с требованиями ФГОС при реализации различных видов учебной работы в процессе изучения дисциплины "Физика и техника низкотемпературной плазмы" предусматривается использование в учебном процессе следующих активных и интерактивных форм проведения занятий:

- лабораторные занятия;
- работа в малых группах.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Развитие физики плазмы как науки.

Тема 2. Термодинамика плазмы

устный опрос , примерные вопросы:

Дать определение плазмы, ее квазинейтральности. Что такое Дебаевский радиус. Что такое идеальная и неидеальная плазма. записать условие термодинамического равновесия и формулы Саха. Условия вырождения плазмы. Охарактеризовать модель Томаса-Ферми. приводит к приобретению компетенций ОПК-2

Тема 3. Элементарные процессы в плазме

устный опрос , примерные вопросы:

Охарактеризовать столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие). Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом. приводит к приобретению компетенций ОПК-2

Тема 4. Физическая кинетика

устный опрос , примерные вопросы:

Записать уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации. От чего зависит скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов). Охарактеризовать электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля. приводит к приобретению компетенций ОПК-2

Тема 5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях

устный опрос , примерные вопросы:

Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения. Уравнения движения заряженной частицы в высокочастотном поле. Понятие адиабатического инварианта. приводит к приобретению компетенций ОПК-2

Тема 6. Магнитная гидродинамика плазмы

устный опрос , примерные вопросы:

Записать уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму. Назвать законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Иметь представление об управляемом термоядерном синтезе, магнитном удержании и нагреве плазмы в магнитных ловушках и инерциальных системах. приводит к приобретению компетенций ОПК-2

Тема 7. Неустойчивость плазмы

устный опрос , примерные вопросы:

Охарактеризовать равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике. Назвать виды неустойчивости плазмы. В чем состоит энергетический принцип МГД-устойчивости. приводит к приобретению компетенций ОПК-2, ПК-2

Тема 8. Колебания и волны в плазме

устный опрос , примерные вопросы:

Перечислить и охарактеризовать основные типы колебаний и волн в плазме. Определения для показателя преломления плазмы, пространственной и временной дисперсии, фазовой и групповой скорости плазменных волн. приводит к приобретению компетенций ОПК-2

Тема 9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме

устный опрос , примерные вопросы:

Описать возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау. Охарактеризовать химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. приводит к приобретению компетенций ОПК-2, ПК-2, ПК-6

Тема 10. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой. Излучение плазмы

устный опрос , примерные вопросы:

Дать определение плазменного резонанса, циклотронного резонанса, линейной трансформации. Охарактеризовать основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле. Перечислить элементарные радиационные процессы. Дать определение оптически прозрачной и непрозрачной плазмы, лучистой теплопроводности. приводит к приобретению компетенций ОПК-2,

Тема 11. Диагностика плазмы

устный опрос , примерные вопросы:

В чем состоят зондовые методы, оптические методы, СВЧ-методы, корпускулярные методы диагностики плазмы. Охарактеризовать энергетику химических реакций в электрических разрядах. приводит к приобретению компетенций ОПК-2, ПК-6

Тема 12. Электрический разряд в газах Гидродинамические и тепловые явления в плазме

письменная работа , примерные вопросы:

Задания для письменной работы даны в Прочее.

Тема 13. Прикладные проблемы физики плазмы

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Программа дисциплины адаптирована для направления "Нанотехнологии и микросистемная техника" (бакалавриат) 28.03.01 с оригинала

223200.62 Техническая физика "Физика плазмы"

автор: Кашапов Рамиль Наилевич

Примерные задания письменной работы.

1. Оценить дебаевский радиус для плазмы, состоящей из электронов и ионов с $Z \gg 1$.
2. Плотность ионов в плазме как функция координат имеет вид ступеньки. Найти распределение потенциала и плотности электронов, если электронная температура T .
3. Найти условия идеальности лоренцевской плазмы, состоящей из электронов и многократно ионизированных ионов с $Z \gg 1$.
4. Оценить степень ионизации межзвездной плазмы, предположив, что она описывается формулой Саха.
5. Пренебрегая спин-орбитальным взаимодействием, найти стат.вес атома водорода, находящегося на k -ом энергетическом уровне.
6. Найти транспортные сечения рассеяния ультрарелятивистского электрона на неподвижном кулоновском центре.
7. Оценить поправку к транспортному сечению, связанную с близкими столкновениями.
8. Оценить длину свободного пробега электронов с энергией 1 МэВ в плазме с плотностью $n = 10^{15} \text{ см}^{-3}$.
9. При каких условиях ионизация ионным ударом не существенна.
10. Вычислить константу скорости тройной рекомбинации.

приводит к приобретению компетенций ОПК-2, ПК-2, ПК-6

Примерные вопросы к экзамену.

1. Развитие физики плазмы как науки.
2. Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма.
3. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации.
4. Вырождение плазмы, статистика Больцмана и Ферми-Дирака, модель Томаса-Ферми.

5. Столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц.
6. Ионизация, рекомбинация, перезарядка и прилипание. Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом.
7. Уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы.
8. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов).
9. Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля.
10. Кинетика возбужденных молекул в плазме.
11. Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения.
12. Заряженная частица в высокочастотном поле. Понятие адиабатического инварианта.
13. Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, вмороженность магнитного поля.
14. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Двухжидкостное приближение.
15. Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч.
16. Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегревная и ионизационная неустойчивости. Энергетический принцип МГД-устойчивости.
17. Основные типы колебаний и волн в плазме: лэнгмюровские электронные и ионные, электромагнитные, ионно-звуковые, магнитозвуковые, альфвеновские.
18. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн.
19. Релаксационные колебания.
20. Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау.
21. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение.
22. Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме, геометрическая оптика, плазменный резонанс, циклотронный резонанс, линейная трансформация.
23. Основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле. Рассеяние и трансформация волн.
24. Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание.
25. Пробеги излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность.
26. Диагностика плазмы: зондовые методы, оптические методы.
27. СВЧ-методы, корпускулярные методы, лазерное рассеяние, магнитные измерения.
28. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд.
29. Условия стационарности разряда, излучающий разряд в плотной плазме, плазменно-пучковый разряд.
30. Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн.
31. Нелинейные волны теплопроводности. Токовые слои.
32. Геофизические и астрофизические плазменные явления : ионосфера Земли, межпланетная плазма, звезды.
33. Плазменные источники излучения, плазменная СВЧ-электроника.
32. Преобразование тепловой энергии в электрическую: МГД-преобразователи, тепловые преобразователи.

33. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц.
34. Энергетика химических реакций в электрических разрядах. Методы диагностики химически активной плазмы. Закалка продуктов плазмохимических процессов.
35. Взаимодействие плазмы с поверхностью твердых тел. Плазменные технологии (травление, имплантация, упрочнение).

БРС: 30 баллов за выполнение письменной работы

20 баллов за результаты устных опросов

7.1. Основная литература:

1. Фортов, В.Е. Физика неидеальной плазмы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Е. Фортов, А.Г. Храпак, И.Т. Якубов. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2010. ? 528 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59584> ? Загл. с экрана.
2. Жданов, В.М. Процессы переноса в многокомпонентной плазме. [Электронный ресурс] : моногр. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2009. ? 280 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2374>
3. Очкин, В.Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2010. ? 592 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2273> ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

1. Вакуумная ионно-плазменная обработка: Учебное пособие / А.А. Ильин, В.В. Плихунов, Л.М. Петров и др. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 160 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Современные технологии: Магистратура). (п) ISBN 978-5-98281-366-4, 1000 экз. <http://znanium.com/go.php?id=426490>
2. Лепешев, А. А. Плазмохимический синтез нанодисперсных порошков и полимерных нанокомпозитов [Электронный ресурс] / А. А. Лепешев, А. В. Ушаков, И. В. Карпов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 328 с. - ISBN 978-5-7638-2502-2. <http://znanium.com/go.php?id=442144>
3. Голант, В.Е. Основы физики плазмы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2011. ? 448 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1550>
4. Минько, Н. И. Методы получения и свойства нанообъектов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. И. Минько, В. В. Строкова, И. В. Жерновский, В. М. Нарцев. - 2-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 165 с. - ISBN 978-5-9765-0326-7 <http://znanium.com/go.php?id=462886>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Max Planck Institute for Plasma Physics - http://www.mpg.de/155019/ipp_greifswald
Журнал "Современные проблемы науки и образования" - <http://www.science-education.ru/>
Проектный центр ИТЭР - <http://www.iterrf.ru/laboratories/>

СПГПУ, Лаборатория физики улучшенного удержания плазмы токамаков -

<http://www.rlpat.ru/Lek>

Справочник химика - <http://chem21.info/info/1522220/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физика и техника низкотемпературной плазмы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Требуются специализированные лаборатории, особые приборы, установки, в научных подразделениях выпускающих кафедр и исследовательских лабораторий. Для самостоятельной работы студентам потребуется возможность выхода в Internet.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Воронина Е.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.