

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**и.о. директора физтех-школы
физики и исследований им.
Ландау**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Физика плазмы, управляемый термоядерный синтез и плазменные установки
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра лазерных систем и структурированных материалов
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Н.Н. Скворцова, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры лазерных систем и структурированных материалов 04.06.2020

Аннотация

Дисциплина «Физика плазмы, управляемый термоядерный синтез и плазменные установки» направлена на освоение магистрами фундаментальных знаний в области физики плазмы; формирование правильных теоретических подходов к численному и модельному анализу плазменных процессов; усвоение магистрами прикладных знаний в области плазменных установок и плазменных технологий; рассмотрение и анализ физических явлений, лежащих в основе управляемого термоядерного синтеза; обучение методами и возможными подходами к проблеме физики плазмы, обсуждения отдельных примеров применения физики плазмы в плазмохимии, технологиях СВЧ.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных на изучаемых ранее курсах в бакалавриате.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью дисциплины «Физика плазмы, управляемый термоядерный синтез и плазменные установки» является краткое знакомство магистров с основами физики плазмы с примерами ее использования в разных практических и научных приложениях.

Задачи дисциплины

- формирование углубленного представления по базовым понятиям физики плазмы;
- формирование теоретических представлений о физических процессах, происходящих в плазмоподобных средах и при воздействии плазменных потоков на вещество;
- обучение основным подходам к описанию объектов физики плазмы;
- умения ориентироваться в современных физических методах исследования в области физики плазмы;
- выявление естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области физики плазмы и УТС;
- формирование навыков решения задач в области физики плазмы и УТС, с привлечением современного математического аппарата теоретической физики.
- приобретение практических навыков самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях в области физики плазмы;
- современные проблемы физики плазмы;
- основные теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях применительно к объектам физики плазмы;
- области применения отдельных методов изучения физики плазмы;
- физическую основу каждого метода; перечень характеристик, которые можно измерить с помощью каждого метода; диапазоны значений измеряемых характеристик.
- понятия и законы, их применение для исследования плазмы, а также границы применимости;
- принципы работы, устройство и области применения различного лабораторного оборудования.
- Последовательность действий, выполняемых в программном обеспечении при проведении эксперимента; назначение параметров для настройки лабораторных установок.

уметь:

- Планировать оптимальный выбор экспериментов в области физики плазмы.
- Выбирать лабораторное оборудование под конкретную задачу; планировать необходимые эксперименты; делать анализ их результатов;
- проводить анализ результатов эксперимента, обрабатывать и объяснять результаты, с учетом ошибок и погрешностей проведения эксперимента;
- использовать программное обеспечение для проведения эксперимента, обработки и анализа результатов эксперимента;
- настраивать программное обеспечение под конкретную задачу.
- Представлять решения с использованием средств компьютерной графики и моделирования.

владеть:

- планированием физического эксперимента в области физики плазмы;
- математическими методами описания задач из области физики плазмы;
- навыками использования программного обеспечения и основными приемами для проведения и обработки экспериментальных данных;
- навыками обращения с компьютерной техникой и применения типовых и разработанных компьютерных программ в указанных областях.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в физику плазмы. Ирвинг Ленгмюр.	2			2
2	Радиус Дебая.	2			2
3	Движение заряженной частицы в постоянных и однородных электромагнитных полях.	2			2
4	Движение заряженной частицы в неоднородном и непостоянном магнитном поле.	2			2
5	Адиабатические инварианты.	2			2
6	Элементарные процессы в плазме. Равновесие.	2			2
7	Излучение плазмы.	2			2
8	Теоретические модели, используемые для исследования плазмы.	2			2
9	Проводимость и диффузия в плазме.	2			2
10	Теоретические модели, используемые для исследования плазмы.	2			2
11	Магнитогидродинамические колебания.	2			2
12	Колебания и волны в плазме.	2			2
13	Управляемый термоядерный синтез.	2			2
14	Дополнительные методы нагрева плазмы.	2			2
15	Плазмохимия.	2			2
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Введение в физику плазмы. Ирвинг Ленгмюр.

Термин «плазма» (генезис плазмы, или история одного слова). Наблюдение плазмы до начала XX века. Плазменные установки вокруг человека в XXI веке. Генерация плазмы. Ионизированные газы и плазма. Квазинейтральность плазмы. Устройство плазменного двигателя. Устройство наиболее распространенного плазменного прибора – люминесцентной лампы.

2. Радиус Дебая.

Число частиц в дебаевской сфере, влияние этого параметра на свойства плазмы. Плазменное приближение. Параметры плазмы в различных условиях. Классическая и вырожденная плазма. Идеальная и неидеальная плазма. Характерные параметры лабораторной и космической плазмы. Плавающий потенциал Ленгмюровский зонд – контактная плазменная диагностика .

3. Движение заряженной частицы в постоянных и однородных электромагнитных полях.

Однородное электростатическое поле. Однородное постоянное магнитное поле. Однородные электростатическое и магнитное поля. Дрейфовая скорость. Дрейфовая скорость в гравитационном поле.

4. Движение заряженной частицы в неоднородном и непостоянном магнитном поле.

Движение в сильном медленно меняющемся магнитном поле. Дрейфовое приближение. Градиентный дрейф. Центробежный дрейф. Поведение плазмы в магнитном поле тороидального соленоида. Токамак и стелларатор. Примеры токамаков – JET, T-10, Глобус-2М.

5. Адиабатические инварианты.

Траектория частиц в открытой ловушке. Первый адиабатический инвариант (μ). Открытые магнитные ловушки. Второй адиабатический инвариант (J). Третий адиабатический инвариант (Φ). Описание газодинамической ловушки (ГДЛ). Электронно-циклотронный нагрев плазмы в ГДЛ.

6. Элементарные процессы в плазме. Равновесие.

Ионизация и рекомбинация, основные процессы. Виды равновесия. Степень ионизации. Зависимость ионизации от параметров плазмы, от потенциала плазмы. Термодинамическое равновесие. Функции распределения заряженных частиц. Кинетическое уравнение для функций распределения. Столкновительный интеграл. Распределение Максвелла-Больцмана. Формула Саха. Формирование плазмы при нагреве газа. Причины отклонения от равновесия в реальных условиях.

7. Излучение плазмы.

Тормозное, рекомбинационное. Линейчатый спектр. Отношение линий. Уширение Штарковского, Доплеровское. Молекулярные спектры в низкотемпературной плазме. Использование NISTовских таблиц для расшифровки спектров атомных и молекулярных спектров. Циклотронное излучение. Диагностика ЭЦИ для определения профиля температуры электронов на стеллараторе Л-2М.

8. Теоретические модели, используемые для исследования плазмы.

Физическая кинетика. Фазовое пространство. Функция распределения. Средняя скорость и концентрация частиц. Бесстолкновительное уравнение Больцмана. Релаксационное приближение для столкновительного члена. Уравнение Власова.

9. Проводимость и диффузия в плазме.

Уравнение Ланжевена. Линеаризация уравнения Ланжевена. Проводимость постоянного тока и подвижность электронов. Обобщенный закон Ома. Проводимость переменного тока и подвижность электронов. Проводимость с учетом движения ионов. Плазма как диэлектрик. Диффузия свободных электронов. Диффузия электронов в магнитном поле. Амбиполярная диффузия. Диффузия в полностью ионизированной плазме.

10. Теоретические модели, используемые для исследования плазмы.

Магнитная гидродинамика. Иерархия плазменных моделей. Гидродинамические модели. Модель проводящей жидкости. Идеальная проводимость и дрейфовое движение. Вмороженное поле. Диффузия магнитного поля. Двухжидкостная магнитогидродинамика.

11. Магнитогидродинамические колебания.

Магнитогидродинамические колебания. Продольные звуковые волны. Альфвеновские волны. Магнитозвуковые волны. Уравнение малых колебаний. Линейные волны. Дисперсия волн в двухжидкостной гидродинамике. Ионный звук. Ионно-звуковые флуктуации в низкотемпературной плазме установки ТАУ-1.

12. Колебания и волны в плазме.

Движение заряженных частиц в высокочастотном поле. Высокочастотная проводимость плазмы. Эффективная электрическая проницаемость. Распространение электромагнитных волн в плазме при отсутствии магнитного поля. Распространение поперечных волн. Продольные волны. Пространственная дисперсия. Электронные и ионные ветви. Затухание Ландау.

13. Управляемый термоядерный синтез.

Тороидальные ловушки. Реакции термоядерного синтеза. Идея магнитного удержания Сахарова и Тамма. Критерий Лоусона. Токамак. Структура магнитного поля. Стелларатор. Стелларатор Л-2М. Структура магнитного поля. Температура и плотность плазмы. Флуктуации. Управляемый термоядерный синтез (лазерный и инерционный). ITER.

14. Дополнительные методы нагрева плазмы.

Электронно-циклотронный нагрев плазмы. Гиротроны – мазеры на электронно-циклотронном резонансе. Комплекс МИГ-3 стелларатора Л-2М. Комплекс электронно-циклотронного нагрева на ITER.

15. Плазмохимия.

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

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекции подготовлены для чтения в зале с использованием презентационного оборудования:

- компьютер (ноутбук),
- проектор с экраном или интерактивная доска;
- демонстрации

В преподавании используются:

- лекции в форме PowerPoint-презентации, и частично форматы pdf и современный формат Computable Document Format (CDF) for Interactive Content.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Введение в нелинейную физику плазмы [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. С. Кингсеп .— М. : Изд-во МФТИ, 1996 .— 208 с.
2. Основы физики плазмы [Текст], Fundamentals of Plasma Physics/Ж. А. Биттенкопт , -М., Физматлит, 2009
3. Alexander Piel. Plasma Physics. An Introduction to Laboratory, Space and Fusion Plasmas. Springer. 2010.

Дополнительная литература

1. Лекции по явлениям переноса в плазме [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / К. В. Чукбар .— Долгопрудный : Интеллект, 2008 .— 256 с.
2. Чирков А.Ю. Альтернативные системы термоядерного синтеза. М.: Издательство Книга и бизнес, 2012.
3. Progress in ITER Physics Basis . www.iter.org/ 2015.
4. Бобров Ю., Гусейн-заде Н.Г., Рухадзе А.А., Юргеленас Ю.. Физические модели и механизмы электрического пробоя газов. Издательство МГУ. 2012г. 368с.
5. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках: Учебное пособие. МИФИ. 2000.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Есть возможность использовать стандартные пакеты компьютерной математики для решения физико-математических и физико-технических задач, а также представления полученных решений с использованием средств компьютерной графики.

Стандартные пакеты для инженерных расчетов:

- Лицензионная программа MATLAB (на компьютерный класс)
- Лицензионная программа Mathematica 8
- Лицензионная программа Visual Studio .NET, 2005, 2008, 2010
- Лицензионная программа Intel® Fortran Composer XE (академич)
- Лицензионная программа Microsoft Office (академич)

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Интернет ресурсы:

1. www.iter.org/,
2. <http://www.nist.gov/pml/data/>
3. <http://www.ciemat.es/>
4. www.iaea.org
5. <http://www.lhd.nifs.ac.jp/en/>

<http://www.gpi.ru/links.php>, доступные через Internet научные и научно-технические журналы: издательств American Physical Society, American Institute of Physics, Institute of Physics, Nature, Springer Verlag.

Научная электронная библиотека elibrary.ru и электронные базы Web of Science и SCOPUS.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра лазерных систем и структурированных материалов
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Разработчик: Н.Н. Скворцова, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физика плазмы, управляемый термоядерный синтез и плазменные установки» обучающийся должен:

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях в области физики плазмы;
- современные проблемы физики плазмы;
- основные теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях применительно к объектам физики плазмы;
- области применения отдельных методов изучения физики плазмы;
- физическую основу каждого метода; перечень характеристик, которые можно измерить с помощью каждого метода; диапазоны значений измеряемых характеристик.
- понятия и законы, их применение для исследования плазмы, а также границы применимости;
- принципы работы, устройство и области применения различного лабораторного оборудования.
- Последовательность действий, выполняемых в программном обеспечении при проведении эксперимента; назначение параметров для настройки лабораторных установок.

уметь:

- Планировать оптимальный выбор экспериментов в области физики плазмы.
- Выбирать лабораторное оборудование под конкретную задачу; планировать необходимые эксперименты; делать анализ их результатов;
- проводить анализ результатов эксперимента, обрабатывать и объяснять результаты, с учетом ошибок и погрешностей проведения эксперимента;
- использовать программное обеспечение для проведения эксперимента, обработки и анализа результатов эксперимента;
- настраивать программное обеспечение под конкретную задачу.
- Представлять решения с использованием средств компьютерной графики и моделирования.

владеть:

- планированием физического эксперимента в области физики плазмы;
- математическими методами описания задач из области физики плазмы;
- навыками использования программного обеспечения и основными приемами для проведения и обработки экспериментальных данных;
- навыками обращения с компьютерной техникой и применения типовых и разработанных компьютерных программ в указанных областях.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов

1. Термин «плазма». Наблюдение плазмы до начала XX века. Ирвинг Ленгмюр. Плазменные установки вокруг человека в XXI веке.
2. Модели равновесия в плазме. Степень ионизации в состоянии равновесия и формула Саха. Корональное равновесие.
3. Установка токамак.
4. Ионизированные газы и плазма. Квазинейтральность плазмы. Система единиц, которая используется в физике плазмы.
5. Элементы кинетической теории плазмы. Фазовое пространство. Функция распределения. Средняя скорость и концентрация частиц. Бесстолкновительное уравнение Больцмана.
6. Установка стелларатор.
7. Плазменное приближение. Параметры плазмы в различных условиях. Классическая и вырожденная плазма. Идеальная и неидеальная плазма.
8. Элементы кинетической теории плазмы. Релаксационное приближение для столкновительного члена. Уравнение Власова.
9. Идея магнитного удержания Сахарова и Тамма. Стелларатор. Восьмерка Спитцера. Структура магнитного поля.
10. Излучение плазмы. Тормозное, рекомбинационное. Линейчатый спектр. Молекулярные спектры в низкотемпературной плазме.
11. Реакции термоядерного синтеза.

12. Движение заряженной частицы в неоднородном и непостоянном магнитном поле. Движение в сильном медленно меняющемся магнитном поле. Дрейфовое приближение.
13. Колебания и волны в плазме. Магнитогидродинамические колебания. Продольные звуковые волны. Альфвеновские волны.
14. Движение заряженной частицы в постоянных и однородных электромагнитных полях. Однородные электростатическое и магнитное поля.
15. Вывод уравнения непрерывности методом гидродинамики. Модель проводящей жидкости. Идеальная проводимость и дрейфовое движение.
16. Дрейфовая скорость Дрейфовая скорость в гравитационном поле.
17. Вмороженное поле. Диффузия магнитного поля. Двухжидкостная магнитогидродинамика.
18. Адиабатический инвариант. Удержание заряженных частиц в открытых магнитных ловушках. Первый адиабатический инвариант (μ).
19. Высокочастотная проводимость плазмы. Эффективная электрическая проницаемость. Распространение электромагнитных волн в плазме при отсутствии магнитного поля.
20. Пространственная дисперсия. Электронные и ионные ветви. Влияние магнитного поля на распространение волн в плазме.
21. Продольное распространение волн. Электронный и ионный циклотронный резонансы.
22. Элементарные процессы в плазме. Упругое рассеяние. Марковские/немарковские процессы. Неупругое рассеяние.
23. Перенос заряженных частиц. Коэффициенты подвижности, диффузии, термодиффузии. Амбиполярная диффузия. Перенос энергии.
24. Теплопроводность заряженных частиц. Уравнения диффузии и теплопроводности.

Примеры контрольных заданий

1. Контактные (зондовые) и бесконтактные (микроволновые) методы измерения флуктуаций плотности и потенциала плазмы.
2. Устройство люминесцентной лампы
3. Газодинамическая ловушка (ГДЛ).
4. Электронно-циклотронный нагрев в тороидальных установках.
5. Допплеровская рефлектометрия
6. Диагностика ЭЦИ для определения профиля температуры электронов на стеллараторе Л-2М.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Термин «плазма». Наблюдение плазмы до начала XX века. Ирвинг Ленгмюр. Плазменные установки вокруг человека в XXI веке.
2. Перенос заряженных частиц. Коэффициенты подвижности, диффузии, термодиффузии. Амбиполярная диффузия. Перенос энергии.

Билет 2.

1. Теплопроводность заряженных частиц. Уравнения диффузии и теплопроводности.
2. Реакции термоядерного синтеза.

Билет 3.

1. Движение заряженной частицы в постоянных и однородных электромагнитных полях. Однородные электростатическое и магнитное поля.
2. Вывод уравнения непрерывности методом гидродинамики. Модель проводящей жидкости. Идеальная проводимость и дрейфовое движение.

Билет 4.

1. Установка токамак.
2. Ионизированные газы и плазма. Квазинейтральность плазмы. Система единиц, которая используется в физике плазмы.

Билет 5.

1. Дрейфовая скорость Дрейфовая скорость в гравитационном поле.
2. Вмороженное поле. Диффузия магнитного поля. Двухжидкостная магнитогидродинамика.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении зачёта и экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.