

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГОРЯЧАЯ ПЛАЗМА И УТС

Направление подготовки
(специальность)

[1] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и
энергетические установки

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	2	72	32	32	0	8	0	З
8	3	108	24	24	0	24	0	Э
Итого	5	180	56	56	0	0	32	

АННОТАЦИЯ

Изучаются базовые понятия физики плазмы как основы технологии управляемого термоядерного синтеза, а также способы удержания, нагрева и управления параметрами плазмы в термоядерных установках. Основное внимание уделено магнитному удержанию плазмы. Рассматриваются также альтернативные методы реализации управляемого термоядерного синтеза.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются изучение базовых понятий физики плазмы как основы технологии управляемого термоядерного синтеза, а также способы удержания, нагрева и управления параметрами плазмы в термоядерных установках. Основное внимание уделено магнитному удержанию плазмы. Рассматриваются также альтернативные методы реализации управляемого термоядерного синтеза.

Курс является базовым для выпускников, специализирующимся как в физике и технологии управляемого термоядерного синтеза, так и других областях, связанных с изучением и применением плазмы, так как вместе с курсом по физике низкотемпературной плазмы, читаемый студентам до этого, затрагивает практически все темы по физике плазмы. Курс рассчитан на формирование у студентов целостного представления об основных свойствах плазмы и твердое усвоение ее базовых понятий, а также основных представлений о технологии управляемого термоядерного синтеза.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс лекций является одним из основных курсов. Параллельно данному курсу специально проводится курсы лабораторных работ "Практикум по физике плазмы", на которых студенты закрепляют знания, полученные на лекции. Во втором семестре, когда часть лекционного курса уже прочитана, студенты приступают к выполнению учебно-исследовательских работ, получая практический опыт исследования и анализа физических явлений, относящихся к диагностике горячей плазмы и термоядерным установкам.

Для успешного освоения теоретического курса студенты должны предварительно прослушать курсы лекций.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции;	Код и наименование индикатора достижения
--	---------------------------	--	--

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	профессиональной компетенции
расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского			
Создание и применение плазмы, пучков заряженных частиц, как в качестве объектов исследования, так и для использования их в составе диагностических средств	Плазма, пучки заряженных частиц, диагностические средства	ПК-2.2 [1] - Способен к созданию и применению плазмы, пучков заряженных частиц, как в качестве объектов исследования, так и для использования их в составе диагностических средств <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002	3-ПК-2.2[1] - Знать способы создания, получения, применения и основные методы исследования и диагностики плазмы и пучков заряженных частиц; У-ПК-2.2[1] - Уметь работать на экспериментальных установках по созданию и исследованию параметров плазмы и пучков заряженных частиц;; В-ПК-2.2[1] - Владеть навыком работы на диагностических комплексах в основе которых лежит применение плазмы или пучков заряженных частиц
Использование основных законов физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов	Основные законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов	ПК-2.3 [1] - Способен использовать основные законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-2.3[1] - Знать основные понятия и законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом, основные понятия, законы и модели, используемые для описания, изучения и оценки параметров и характеристик исследуемых физических объектов ; У-ПК-2.3[1] - Уметь использовать основные законы физики плазмы и ее взаимодействия с веществом для

			описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов; В-ПК-2.3[1] - Владеть методами получения, анализа и описания параметров и характеристик исследуемых физических объектов на основе законов физики плазмы и ее взаимодействия с веществом
--	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности (В28)	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования культуры лазерной безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с лазерным оборудованием. - формирования культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности и имеющими повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Элементарные процессы и процессы переноса в горячей плазме	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
2	Неустойчивости, колебания и волны в плазме	9-16	16/16/0		25	КИ-16	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3,

							У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>8 Семестр</i>						
1	Магнитные ловушки	1-8	16/16/0		25	Т-8	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
2	Методы нагрева, подпитки и очистки плазмы. Термоядерные реакторы	9-12	8/8/0		25	к.р-12	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		24/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-

							2.3, В- ПК- 2.3
--	--	--	--	--	--	--	--------------------------

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Т	Тестирование
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
З	Зачет
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	32	0
1-8	Элементарные процессы и процессы переноса в горячей плазме	16	16	0
1	Введение. Реакции синтеза легких ядер. Эффективные сечения. Зависимость выхода ТЯР от температуры. Воспроизводство трития.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Основные направления исследований в области УТС Основные направления исследований в области УТС. Потери энергии и высокотемпературной плазмы. Принцип магнитной термоизоляции. Равновесие плазмы с магнитным полем.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	КПД термоядерного реактора КПД термоядерного реактора. Критерий Лоусона. Термоядерный реактор с blanketом. Дрейф заряженных частиц в сильном магнитном поле.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Адиабатический инвариант Адиабатический инвариант. Магнитные ловушки. Магнитосфера Земли. Радиационные пояса Земли. Географические эксперименты.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Кулоновское взаимодействие частиц в плазме Кулоновское взаимодействие частиц в плазме. Квазинейтральность плазмы. Радиус Дебая.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Плазменные колебания Плазменные колебания. Кулоновский логарифм. Релаксационные процессы в плазме. Электронная и ионная	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	температура.	0	0	0
6	Проводимость полностью ионизованной плазмы Проводимость полностью ионизованной плазмы. Формула Спитцера. Влияние магнитного поля на проводимость плазмы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Вмороженность магнитных силовых линий в высокотемпературной плазме Вмороженность магнитных силовых линий в высокотемпературной плазме. Увлечение магнитного поля сжимающейся плазмой.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Диффузия плазмы в сильном магнитном поле Диффузия плазмы в сильном магнитном поле (классическая). Аномальная диффузия. Формула Бома. Экспериментальные результаты.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Диффузия в неоднородном магнитном поле Диффузия в неоднородном магнитном поле (тор). Электронная и ионная теплопроводность плазмы поперек магнитного поля.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Основные виды излучения Основные виды излучения: тормозное, рекомбинационное, циклотронное.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Ионизационные процессы в оптически тонкой плазме Ионизационные процессы в оптически тонкой плазме. Влияние примесей на потери энергии из плазмы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Неустойчивости, колебания и волны в плазме	16	16	0
9 - 10	Колебания и волны в плазме Колебания и волны в плазме. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Линейные волны без магнитного поля и с магнитным полем (ионно-звуковые, магнитогидродинамические, электромагнитные).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Нелинейные волны Затухание Ландау. Нелинейные волны (ударные волны, солитоны).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Основные виды неустойчивостей плазмы Основные виды неустойчивостей плазмы. Магнитогидродинамические неустойчивости (токавая, желобковая, универсальная).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Кинетические неустойчивости Кинетические неустойчивости (пучковая, циклотронная, дрейфово-конусная).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>8 Семестр</i>	24	24	0
1-8	Магнитные ловушки	16	16	0
1	Замкнутые магнитные системы Замкнутые магнитные системы. Критерий Крускала-Шафранова. Установки типа "Токамак" (конструкция).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Методы дополнительного нагрева плазмы	Всего аудиторных часов		

	Методы дополнительного нагрева плазмы в токамаках. Внешняя инжекция быстрых атомов.	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Нагрев методами СВЧ и ВЧ Нагрев методами СВЧ и ВЧ (электронно-циклотронный резонанс, ионно-циклотронный резонанс, нижнегибридная частота).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Влияние примесей. Диверторы. Влияние примесей. Диверторы. Результаты исследований на крупных токамаках.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Стелларатор. Структура магнитного поля. Стелларатор. Структура магнитного поля. Вращательное преобразование. Шир. Экспериментальные установки и результаты исследований.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Открытые магнитные ловушки Открытые магнитные ловушки. Экспериментальная проверка сохранения адиабатической инвариантности. Установки с внешней и внутренней инжекцией частиц. Желобковая неустойчивость плазмы.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Магнитные ловушки с “минимумом В” Магнитные ловушки с “минимумом В”. Магнитоэлектростатические ловушки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Кинетические неустойчивости и их подавление Кинетические неустойчивости и их подавление. Установки со сложной геометрией магнитных полей.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-12	Методы нагрева, подпитки и очистки плазмы. Термоядерные реакторы	8	8	0
9	Магнитные пинчи Магнитные пинчи. Установки для получения импульсных разрядов малой длительности. Сжатие плазмы внешним магнитным полем.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Плазменный фокус Ускорение плазменных сгустков электродинамическими силами. Плазменный фокус. Нейтронное и рентгеновское излучение.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Лазеры для ЛТС Лазеры для ЛТС. Основные энергетические соотношения. Исследования сверхплотного сжатия вещества.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	УТС под действием релятивистских частиц УТС под действием релятивистских частиц. Получение мощных электронных и ионных пучков. Их взаимодействие с мишенями. ТЯУ с мощными релятивистскими пучками частиц.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Перспективы развития термоядерного синтеза Перспективы развития термоядерного синтеза. Схемы проектируемых ТЯР.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1 - 2	Решение задач -Какой ток плазмы необходимо поддерживать в токамаке с параметрами $R=5\text{ м}$, $a=1,5\text{ м}$ и полем на оси 5 Тл ? -Чему равна скорость дрейфа плазмы во внешнем скреп слое токамака с параметрами $R=5\text{ м}$, $a=0,5\text{ м}$ и полем на оси 5 Тл . при напряженности азимутального электрического поля $E=50\text{ В/см}$?
3 - 4	Решение задач -Какие неустойчивости стабилизирует медный кожух толщиной $1,5\text{ см}$.? -Чему равен коэффициент боровской диффузии на внешнем обводе тороидальной магнитной ловушки с параметрами $R=1,5\text{ м}$, $a=0,5\text{ м}$ и полем на оси $3,5\text{ Тл}$ при температуре плазмы 100 эВ ?
5 - 6	Решение задач -Какая сила действует на каждую из 16 катушек тороидального поля в токамаке $R=3\text{ м}$, $a=1\text{ м}$, $B=2\text{ Тл}$? -С какой длиной волны надо использовать гиротроны для нагрева плазмы в установке с магнитным полем 3 Тл .?
7 - 8	Решение задач -Найти силу, действующую на расположенный в центральном горизонтальном сечении токамака на расстоянии 1 м от тороидальной оси токоподвод длиной 20 см с током 5 кА при токе в плазме 500 кА . -Какой частоты возмущения замороженной в магнитное поле установки стабилизирует стенка вакуумной камеры из нержавеющей стали толщиной 15 мм (сопротивление нерж. стали в 70 раз больше сопротивления меди)?
9	Решение задач

	<p>-На какой длине волны надо нагревать ионы дейтерия в плазме токамака с магнитным полем 3,5Тл?</p> <p>-Какую мощность дополнительного нагрева плазмы пучком нейтралов надо ввести в токамак с $n = 10^{14} \text{см}^{-3}$, $R = 5 \text{м}$ для создания тока 5МА?</p>
10	<p>Решение задач</p> <p>-Найти энергию инжекции нейтральных атомов дейтерия для нагрева плазмы в токамаке с $a = 1 \text{ м}$ и $n = 5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$</p> <p>-Какую мощность дополнительного нагрева плазмы пучком нейтралов надо ввести в токамак с $n = 2 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$, $R = 1,5 \text{м}$, $a = 0,5 \text{м}$ для нагрева плазмы на 10 кэВ?</p>
11 - 12	<p>Решение задач</p> <p>-Что больше и во сколько примерно раз: энергия, содержащаяся в термоядерной плазме токамака или запасенная в магнитном поле?</p> <p>-Какой предельный ток можно поддерживать в токамаке с параметрами $R = 6 \text{м}$, $a = 2 \text{м}$, $H = 5 \text{Тл}$?</p> <p>-Как изменятся радиационные потери энергии из изотермической термоядерной плазмы при увеличении среднего заряда ионов в ней в 2 раза и таком же уменьшении температуры?</p>

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс предусматривает демонстрационный материал по тем темам занятий, в которых приводятся сложные устройства, реальные термоядерные установки, либо их проекты, который представляется либо в виде слайдов, либо в виде видеофрагментов. Задача лектора доступно объяснить на основе прочитанного лекционного материала, как и где используются явления, модели и условия применимости. Курс обязательно включает в себя практические занятия для развития у студентов навыков проведения расчетов и оценок процессов, проходящих в плазме и параметров, характеризующих их.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-2.2	З-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, Т-8, к.р-12
	У-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, Т-8, к.р-12
	В-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, Т-8, к.р-12
ПК-2.3	З-ПК-2.3	З, КИ-8, КИ-16	Э, Т-8, к.р-12

	У-ПК-2.3	З, КИ-8, КИ-16	Э, Т-8, к.р-12
	В-ПК-2.3	З, КИ-8, КИ-16	Э, Т-8, к.р-12

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М76 Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion : , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2005
2. ЭИ Ф 63 Гравитационное излучение и термоядерный синтез : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2021
3. 621.039 С84 Основы техники термоядерного эксперимента : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. ЭИ С84 Основы техники термоядерного эксперимента : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. 533 О-75 Основы физического эксперимента в физике плазмы : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
6. ЭИ К93 Плазма - XXI век : , В. А. Курнаев, Москва: МИФИ, 2008
7. 533 Ф83 Лекции по физике плазмы : , Д. А. Франк-Каменецкий, Долгопрудный: Интеллект, 2008
8. 532 Ф45 Магнитная гидрогазодинамика : учеб. пособие, Е. П. Фетисов, Москва: МИФИ, 2006
9. ЭИ К43 Современные исследования на установках "Токамак" : учебное пособие для вузов, Н. А. Кирнева, Москва: МИФИ, 2008
10. 539.1 Г20 Исследования по термоядерному синтезу на мощных лазерных установках РФЯЦ-ВНИИЭФ : учебное пособие для вузов, С. Г. Гаранин, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
11. ЭИ О-75 Основы физических процессов в плазме и плазменных установках : учебное пособие для вузов, С. К. Жданов [и др.], Москва: МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Т31 Термоядерные установки с магнитным удержанием плазмы (открытые магнитные ловушки и стеллараторы) : Учеб. пособие, В. Г. Тельковский, В. А. Храбров, М.: МИФИ, 1987
2. 621.039 Г60 Высокочастотные методы нагрева плазмы в тороидальных термоядерных установках : , Голант В.Е., Федоров В.И., М.: Энергоатомиздат, 1986
3. 533 Б25 Прикладная физика атомных столкновений. Плазма : , К. Барнет, М. Харрисон, М.: Энергоатомиздат, 1987
4. 621.039 О-23 Обращенные к плазме элементы ТЯР : лабораторный практикум, Л. Б. Беграмбеков [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2008
5. 621.039 Г62 ИТЭР. Решающий шаг : , Л. Г. Голубчиков, М.: МИФИ, 2004
6. 621.039 Х35 Введение в управляемый термоядерный синтез : , М. Хеглер, М. Кристиансен, М.: Мир, 1980

7. 533 Б27 Физика лазерного термоядерного синтеза : , Н. Г. Басов, И. Г. Лебо, В. Б. Розанов, М.: Знание, 1988
8. 533 Д44 Диагностика термоядерной плазмы : , Под ред. Лукьянова С.Ю., М.: Энергоатомиздат, 1985
9. ЭИ О-75 Основы физических процессов в плазме и плазменных установках : учебное пособие для вузов, С. К. Жданов [и др.], Москва: МИФИ, 2007
10. 533 Л84 Горячая плазма и управляемый ядерный синтез : Учебник для вузов, С. Ю. Лукьянов, Н. Г. Ковальский, М.: МИФИ, 1999
11. 621.039 Т31 Квазистационарные термоядерные установки (токамаки) : Учеб. пособие, Тельковский В.Г., Храбров В.А., М.: МИФИ, 1985

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Microsoft office ()
2. OSWindows 7 Pro
3. KasperskySecurity
4. Adobe acrobat

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. НИЯУ МИФИ (<http://www.library.mephi.ru/>)
<https://online.mephi.ru/>
<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Персональный Компьютер (33-103)
2. Проектор EPSON (33-103)
3. Интерактивная доска SMARTBOARD SB680IV3 (33-103)
4. Пульт М1 1пУ-бпУ (33-201)
5. Пульт М2 1пУ-бпУ (33-201)
6. Пульт М3 1пУ-бпУ (33-201)
7. Пульт М4 1пУ-бпУ (33-201)
8. Насос ВН-1 -2шт (33-201)
9. Генератор ГЗИ-б №97 (33-201)

10. Комплект оборудования для установки высокочастотным плазменным разрядом №44449821 (33-201)
11. Система регистрации рентгеновского излучения: №021112013 (33-201)
12. Компьютерно-управляемый высоковольтный источник питания TDK-Lambda GEN12.5-800-MD-3P400 №021785 (33-201)
13. Источник электропитания для магнетронного распылителя ELM-36/6OOS-R №7212013 (33-201)
14. Оптический квантовый генератор ГУК-4508 1 1655078.40 №860002 (33-201)
15. Генератор-усилитель квантовый ГУК-4507 1 1824059.52 №860002 (33-201)
16. Комплект рентген-их светосильных спектрографов (33-201)
17. Оптоволоконный спектрометр Avabench (33-201)
18. Осциллограф TBS-3054B (33-201)
19. Турбомолекулярный насос HiPace 80 с контроллером TC110(PfeifferVacuum) №сер. №14837487/79619202 (33-201)
20. Блок управления источником с натекателем (PfeifferVacuum) №сер. №06120 (33-201)
21. Высокоскоростной оптоволоконный спектрометр Avaspec-3648 USB2-RM(Avantes) №101103601 (33-201)
22. Пикоамперметр 6485/E №S/N 1307694 (33-201)
23. Четырехканальный осциллограф с гальваноразвязкой АСК-3117 №D044857565-54635-8756 (33-201)
24. Импульсный регистратор рентгеновского изображения с микроканальной пластиной №Сер. №LSP-MCP-47 (33-201)
25. Комплект оборудования для установки с магнетронным плазменным разрядом насос №15541802 датчик 444597 (33-201)
26. Комплект оборудования для измерения давления высоковакуумной системы для установки с масс-спектромет (33-201)
27. Источник питания Керко ВОР 100-4DM-4886 №E162125 (33-201)
28. Вакуумметр ВИТ-2 М7185 (33-201)

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс представляет собой курс, включающий в себя лекционный курс и практические занятия. Лекционная часть предназначена для знакомства с основными понятиями и

определениями, практическая часть введена для разбора типичных примеров решения задач и закрепления материала.

Промежуточной аттестации по дисциплине проводится согласно учебному плану.

В семестре студент может получить максимум 100 баллов: 50 баллов за работу в семестре и 50 баллов на экзамене.

Работа в семестре оценивается посредством контрольных и тестовых заданий, творческих заданий.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс представляет собой теоретический курс. Преподаватель на занятиях дает основные понятия и определения по теме занятия и разбирает типичные задачи для закрепления материала.

Методические указания по проведению лекций

Лекция представляет собой логическое изложение материала в соответствии с планом лекции, который сообщается студентам в начале каждой лекции, и имеет законченную форму, т. е. содержит пункты, позволяющие охватить весь материал, который требуется довести до студентов. Содержание каждой лекции имеет определенную направленность и учитывает уровень подготовки студентов. Ее цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Главной задачей лектора является организация процесса познания студентами материала изучаемой дисциплины на всех этапах ее освоения, предусмотренных образовательным стандартом. Лекции по курсу призваны решать две основные задачи: во-первых, информативную, т.е. сообщать студенту определенный набор теоретических знаний об изучаемой области действительности, во-вторых, развивающую, т.е. способствовать выработке навыков самостоятельной познавательной деятельности, мышления и оценки на основе полученных знаний.

Для решения названных задач при подготовке лекции преподавателю необходимо:

- сформулировать цель и задачи каждой лекции;
- определить содержание лекции и план ее проведения так, чтобы это отвечало поставленным задачам лекции;
- разработать методы активизации познавательной деятельности студентов с учетом уровня знаний студентов;
- продумать возможности использования изучаемого материала в рамках других дисциплин и в практической деятельности;
- представить ссылки на источники для самостоятельного изучения материала студентами;
- по материалу лекции сформулировать задачи с целью подготовки студентов к семинарам.

Тематика и содержание лекции определяются рабочей программой изучаемой дисциплины, составленной в соответствии с образовательным стандартом направления специальности подготовки бакалавра.

Для передачи теоретического материала по дисциплине используются три основных типа лекций: вводная лекция, информационная лекция и обзорная лекция.

По своей структуре лекции могут быть разнообразны – это зависит от содержания и характера излагаемого материала. Однако существует общий структурный каркас, применимый к любой лекции. Прежде всего, это сообщение плана лекции студентам и строгое ему следование. В план лекции включаются наименования основных вопросов лекции, которые могут послужить базой для составления экзаменационных билетов и вопросов к зачету. В начале изложения полезно напомнить содержание предыдущей лекции, связать его с новым материалом, определить место и назначение рассматриваемой темы в дисциплине и в системе других наук.

При раскрытии вопросов темы можно применять индуктивный метод: примеры, факты, подводящие к научным выводам; можно также использовать метод дедукции: разъяснение общих положений с последующим показом возможности их приложения на конкретных примерах. По каждому из анализируемых положений следует делать вывод.

В конце лекции необходимо подвести итог сказанному.

Излагая лекционный материал, преподаватель должен ориентироваться на то, что студенты пишут конспект. Конспект помогает внимательно слушать, лучше запоминать в процессе осмысленного записывания, обеспечивает наличие опорных материалов при подготовке к семинару, зачету, экзамену. Задача лектора – дать студентам возможность осмысленного конспектирования: слушать, осмысливать, перерабатывать, кратко записывать. Средствами, помогающими конспектированию, являются: акцентированное изложение материала лекции, использование пауз, записи на доске, демонстрации иллюстративного материала, строгое соблюдение регламента занятий.

На каждую лекцию преподавателем разрабатывается план и конспект, включающие название темы, формулировку цели и задач, перечень основных разделов лекции, краткое, структурированное в соответствии с планом, содержание излагаемого материала, а также перечень вопросов, которые будут заданы по ходу лекции с целью активизации и повторения.

В ходе лекций по дисциплине предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий, в частности, применение мультимедийного проектора, а также интерактивных выступлений по принципу «вопрос – ответ», использование мела и доски, схем, таблиц и рисунков.

Методические указания по проведению практических занятий

Практические занятия по дисциплине призваны углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции в обобщенной форме, и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности. Они развивают инженерное и научное мышление, позволяют проверить знания студентов, привить навыки поиска, обобщения и изложения учебного материала и выступают как средство оперативной обратной связи.

Автор(ы):

Гаспарян Юрий Микаэлович, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

д.ф.-м.н., профессор, Мельников А.В.