

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Термоядерный синтез и плазменные технологии

название дисциплины

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

код и направления подготовки

образовательная программа

Инновационные ядерные технологии

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – изучение основных вопросов физики плазмы, включая введение в электродинамику и физику элементарных процессов в ионизованном газе.

Задачи дисциплины:

- последовательное изложение основ физики плазмы и методов описания процессов, протекающих в ионизованном газе;
- изложение практических применений плазменных технологий, включая термоядерный синтез.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю (дисциплина по выбору).

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Ядерная физика.
- Физика.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Перспективные методы получения и преобразования энергии.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	З-ПК-1 Знать: отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области. У-ПК-1 Уметь: использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области. В-ПК-1 Владеть: современными компьютерными технологиями и методами использования

		информационных ресурсов в своей предметной области.
ПК-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	3-ПК-2 Знать: методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. У-ПК-2 Уметь: использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. В-ПК-2 Владеть: навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное воспитание	Формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение

		в реальные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин, профессионального модуля для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождения практик и подготовку ВКР. 2. Использование воспитательного

		<p>потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	<p>Формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное	Формирование	1. Использование воспитательного

воспитание	творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	<p>потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождения практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Формирование культуры информационной безопасности (B23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Формирование культуры ядерной и радиационной безопасности (B24)	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.

		<p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>

Профессиональное воспитание	Формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений (В26)	<p>1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>
------------------------------------	---	--

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	48
В том числе:	
<i>лекции</i>	16
<i>практические занятия</i>	32
<i>лабораторные занятия</i>	-
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>зачет</i>	-
<i>зачет с оценкой</i>	+
<i>экзамен</i>	-
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся	96

Всего (часы):	144
Всего (зачетные единицы):	4

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-8	1. Элементарная теория плазмы	8	16			40
1-2	1.1. Основы физики плазмы	2	4			13
3-4	1.2. Элементарные процессы в плазме	2	4			13
5-8	1.3. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях	4	8			14
9-12	2. Термоядерный синтез	4	8			28
9-10	2.1. Термоядерная плазма	2	4			14
11-12	2.2. Физика и технологии управляемого термоядерного синтеза	2	4			14
13-16	3. Плазменные технологии	4	8			28
13-14	3.1. Плазменные устройства и технологии	2	4			14
15-16	3.2. Введение в физику ядерно-иницируемой плазмы	2	4			14
	Итого за 6 семестр:	16	32			96
	Всего:	16	32			96

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	1. Элементарная теория плазмы	
1-2	1.1. Основы физики плазмы	Определение плазмы. Плазма как четвертое состояние вещества. Генерация плазмы. Плазма в природе. Плазменная (ленгмюровская) частота. Экранирование зарядов в плазме. Дебаевский радиус.
3-4	1.2. Элементарные процессы в плазме	Типы элементарных процессов в плазме. Сечения и скорости процессов.
5-8	1.3. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях	Однородное электрическое поле. Однородное стационарное магнитное поле. Однородные электрические и магнитостатические поля. Дрейф заряженных частиц в плазме. Адиабатическая

		инвариантность магнитного момента частицы. Магнитные ловушки.
9-12	2. Термоядерный синтез	
9-10	2.1. Термоядерная плазма	Термоядерные реакции. Безнейтронные термоядерные реакции. Проблема удержания плазмы. Критерий Лоусона.
11-12	2.2. Физика и технологии управляемого термоядерного синтеза	Энергетический баланс и проблема выбора материалов. Методы и системы удержания термоядерной плазмы. Магнитное удержание плазмы. Пинч-системы. Токамаки. Стелларатор. Лазерный термоядерный синтез. Мюонный катализ.
13-16	3. Плазменные технологии	
13-14	3.1. Плазменные устройства и технологии	МГД – генераторы, термоэмиссионные преобразователи, ЭГД-генераторы, плазмотроны, плазменные двигатели и другие плазменные устройства и технологии.
15-16	3.2. Введение в физику ядерно-инициируемой плазмы	Методы получения ядерно-инициируемой плазмы. Трековая структура ядерно-инициируемой плазмы. Применения ядерно-инициируемой плазмы.

Практические/семинарские занятия

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	1. Элементарная теория плазмы	
1-2	1.1. Основы физики плазмы	Определение плазмы. Генерация плазмы. Плазма в природе. Плазменная (ленгмюровская) частота. Экранирование зарядов в плазме. Дебаевский радиус.
3-4	1.2. Элементарные процессы в плазме	Типы элементарных процессов в плазме. Сечения и скорости процессов.
5-8	1.3. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях	Однородное электрическое поле. Однородное стационарное магнитное поле. Циклотронная частота и циклотронный радиус. Однородные электрические и магнитные поля. Адиабатическая инвариантность магнитного момента частицы. Магнитные ловушки.
9-12	2. Термоядерный синтез	
9-10	2.1. Термоядерная плазма	Термоядерные реакции. Безнейтронные термоядерные реакции. Проблема удержания плазмы. Критерий Лоусона.
11-12	2.2. Физика и технологии управляемого термоядерного синтеза	Энергетический баланс термоядерного реактора. Методы и системы удержания термоядерной плазмы. Магнитное удержание плазмы. Лазерный термоядерный синтез. Мюонный катализ.
13-16	3. Плазменные технологии	
13-14	3.1. Плазменные устройства и технологии	МГД – генераторы, термоэмиссионные преобразователи, ЭГД-генераторы, плазмотроны, плазменные двигатели и другие плазменные устройства и технологии.
15-16	3.2. Введение в физику ядерно-инициируемой плазмы	Методы получения ядерно-инициируемой плазмы. Применения ядерно-инициируемой

	плазмы.
--	---------

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Термоядерный синтез и плазменные технологии», утверждено на заседании отделения ЯФиТ (протокол № 1 от «25» августа 2023 г.).
2. В.Л. Шаблов, В.А. Рыков Введение в физику плазмы. Учебное пособие по курсу «Термоядерный синтез и плазменные технологии».- ИАТЭ, 2010.-47 с.
3. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Термоядерный синтез и плазменные технологии» – <http://iate.obninsk.ru/node/5230>.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 6 семестр			
1.	1. Элементарная теория плазмы	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	КР1
2.	2. Термоядерный синтез	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	КР2
3.	3. Плазменные технологии	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	
Промежуточная аттестация, 6 семестр			
	Зачет	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1; З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	Вопросы к зачету

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и

оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
 - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
 - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
КР1	8	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
КР2	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Зачет	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, 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»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, 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»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, 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		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Биттенкорт. Ж.А. Основы физики плазмы. – М.: Физматлит, 2009.
2. В.Л. Шаблов, В.А. Рыков Введение в физику плазмы. Учебное пособие по курсу «Физика плазмы».- ИАТЭ, 2010.-47 с.
3. Фортов, В. Е. Физика неидеальной плазмы : учебное пособие / В. Е. Фортов, А. Г. Храпак, И. Т. Якубов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 528 с. — ISBN 978-5-9221-1179-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59584>.
4. Чирков, А. Ю. Введение в физику плазмы : учебное пособие / А. Ю. Чирков. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 50 с. — ISBN 5-7038-2827-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/62000>.

б) дополнительная учебная литература:

1. Зельдович, Я. Б. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений : монография / Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер. — 3-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 656 с. — ISBN 978-5-9221-0938-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2373>.
2. Хора Х. Физика лазерной плазмы: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1986. -272с.
3. Гинзбург В. Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. - М.: Наука, 1967.- 683с.
4. Смирнов Б. М. Атомные столкновения и элементарные процессы в плазме. М.: Атомиздат, 1968.

5. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. М.: Высшая школа, 1988. - 424 с.
6. Мак - Доналд А. Сверхвысокочастотный пробой газов. - М.: Мир, 1969. - 212 с.
7. Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П. Электродинамика. – М.: Высшая школа, 1990.
8. Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров И.Е. Основы физики плазмы. – М.: Атомиздат, 1977.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Не предусмотрены

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Термоядерный синтез и плазменные технологии» содержит изложение основ физики плазмы и плазменных технологий, включая основы теории и технологий термоядерного синтеза. При изучении данной дисциплины обучающимся рекомендуется обратить особое внимание на следующие вопросы:

1. Что такое плазма и чем она отличается от совокупности (нейтральной в макроскопическом смысле) заряженных частиц?

2. Каковы характерные параметры плазмы, встречающейся в природе, в экспериментах по термоядерному синтезу, в газовом разряде, в ядерно-возбуждаемой плазме?

3. Какие виды плазмы выделяют при ее изучении? Что такое равновесная плазма, идеальная плазма и т.д.?

4. Какие явления характеризуют коллективный характер плазмы? Что такое плазменные колебания? Как происходит экранирование зарядов в плазме и что такое дебаевский радиус?

5. Какими законами описывается движение частиц плазмы в различных электромагнитных полях, что такое циклотронная частота и циклотронный радиус, что представляет собой дрейфовое движение частиц плазмы, на чем базируется теория Альфвена движения частиц плазмы в электромагнитных полях и каковы ее основные результаты?

6. Каковы ключевые проблемы практической реализации идеи термоядерного синтеза, в чем состоит проблема удержания термоядерной плазмы, что такое критерий Лоусона?

7. Какие существуют плазменные технологии, на каких физических принципах основываются реализующие их плазменные устройства?

Таким образом, результатом изучения дисциплины должно стать знание элементарной теории плазмы и физических принципов, лежащих в основе плазменных технологий, включая основы теории и технологий термоядерного синтеза, при минимуме формул, перечень основных из которых приведен ниже:

1. Плазменная частота.

2. Дебаевский радиус.

3. Критерий идеальности плазмы.

4. Циклотронная частота и циклотронный радиус.

5. Дрейфовая скорость движения частиц плазмы в постоянном силовом поле.

6. Критерий Лоусона.

7. Магнитный момент частицы плазмы. Адиабатическая инвариантность магнитного момента.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- Интерактивное общение с помощью программы skype;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
- 2) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 3) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, <https://.book.ru>;
- 4) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary), <https://elibrary.ru>;
- 5) Базовая версия ЭБС IPRbooks, <https://.iprbooks.ru>;
- 6) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» <https://.studentlibrary.ru>;
- 7) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru», <https://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>;
- 8) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <https://urait.ru/>.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лекционные и практические занятия:

Учебная аудитория на 20 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для достижения планируемых результатов при изучении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Информационно-развивающие технологии:

- использование Интернет-ресурсов и ресурсов электронных библиотек.

2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии:

- проблемные лекции и семинары;

- «работа в команде» - совместная деятельность под руководством лидера, направленная на решение общей поставленной задачи;

- «междисциплинарное обучение» - использование знаний из разных областей, группируемых и концентрируемых в контексте конкретно решаемой задачи.

3. Личностно-ориентированные технологии обучения:

- консультации;

- «индивидуальное обучение» - выстраивание для студента собственной образовательной траектории с учетом интереса и предпочтения студента.

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Основы физики плазмы	Лекция	2	Проблемная лекция
2.	Движение заряженных частиц в электромагнитных полях.	Лекция	4	Проблемная лекция
3	Движение заряженных частиц в электромагнитных полях.	Практические занятия	2	Групповое обсуждение
4	Физика и технологии управляемого термоядерного синтеза	Лекция	2	Проблемная лекция
5	Физика и технологии управляемого термоядерного синтеза	Практические занятия	2	Групповое обсуждение

6	Плазменные устройства и технологии	Лекция	6	Проблемная лекция
---	------------------------------------	--------	---	-------------------

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы для самостоятельного изучения

1. Определение плазмы. Генерация плазмы. Плазма в природе. Плазма газового разряда.
2. Виды плазмы. Равновесная плазма. Идеальная плазма.
3. Коллективные эффекты в плазме. Колебания плазмы. Плазменная (ленгмюровская) частота.
4. Экранирование зарядов в плазме. Дебаевский радиус.
5. Рождение и гибель частиц в плазме. Типы элементарных процессов в плазме (ионизация, возбуждение, девозбуждение, перезарядка и т.д.). Сечения и скорости процессов.
6. Движение заряженных частиц в однородном электрическом поле.
7. Движение заряженных частиц в однородном стационарном магнитном поле. Циклотронная частота и циклотронный радиус.
8. Движение заряженных частиц в однородных электрическом и магнитостатическом полях.
9. Адиабатическая инвариантность магнитного момента частицы.
10. Магнитные ловушки. Открытые ловушки. Тороидальные ловушки.
11. Дрейф заряженных частиц в плазме. Дрейф в поле постоянной силы. Градиентный дрейф.
12. Дрейф заряженных частиц в плазме. Теория Альфвена дрейфового движения.
13. Термоядерные реакции. Безнейтронные термоядерные реакции.
14. Термоядерная плазма. Проблема удержания плазмы. Критерий Лоусона.
15. Способы удержания плазмы. Магнитное удержание плазмы. Токамаки.
16. Лазерный термоядерный синтез.
17. Мюонный катализ (холодный термоядерный синтез).
18. Плазменные устройства и технологии. МГД – генераторы, плазменные движители и другие плазменные устройства и технологии.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение плазмы. Чем плазма отличается от совокупности заряженных частиц? Сформулируйте критерий, которому должна удовлетворять область ионизации, чтобы ее можно было назвать плазмой? Указание: число частиц в плазме должно быть много больше числа частиц внутри дебаевского радиуса. Почему?
2. Приведите различные способы генерации плазмы.
3. Приведите примеры плазмы в природе.
4. Виды плазмы. Какая плазма называется равновесной? Идеальной?
5. Что такое плазменная (ленгмюровская) частота? Какой формулой она описывается?
6. Экранирование зарядов в плазме. Дебаевский радиус.
7. Перечислите основные типы элементарных процессов в плазме. Каковы характерные сечения и скорости этих процессов для водородной плазмы?
8. Как движутся частицы плазмы в электромагнитном поле? Опишите следующие случаи: однородное электрическое поле, однородное стационарное магнитное поле.
9. Что такое циклотронная частота и циклотронный радиус? Какими формулами они описываются?
10. Опишите движение заряженных частиц в однородных электрическом и магнитостатическом полях.
11. Как определяется магнитный момент частицы плазмы? Что означает адиабатическая инвариантность магнитного момента частицы?
12. Магнитные ловушки. Опишите принцип действия открытых и тороидальных ловушек.
13. Дрейф заряженных частиц в плазме. Какой формулой описывается дрейфовая скорость в поле постоянной силы?

14. Дрейф заряженных частиц в плазме. Сформулируйте основные положения и результаты теории Альфвена дрейфового движения.
15. Приведите примеры термоядерных реакций и их энергетических выходов.
16. Приведите примеры безнейтронных термоядерных реакций. В чем преимущество этих реакций в возможной практической реализации идеи самоподдерживающейся реакции термоядерного синтеза?
17. Сформулируйте проблему удержания термоядерной плазмы. Что такое критерий Лоусона?
18. Перечислите возможные способы удержания плазмы. В чем идея магнитного удержания плазмы? Сформулируйте принцип действия токамаков.
19. В чем идея лазерного термоядерного синтеза?
20. В чем идея мюонного катализа? Почему мюонный катализ иногда называют «холодным термоядом»?
21. Приведите примеры плазменных устройств и технологий.
22. Сформулируйте принцип действия МГД – генератора.
23. Перечислите методы получения ядерно-иницируемой плазмы. Что такое трековая структура ядерно-иницируемой плазмы? Приведите применения ядерно-иницируемой плазмы.

14.3. Краткий терминологический словарь

Плазма, генерация плазмы, виды плазмы, равновесная плазма, идеальная плазма, плазменная (ленгмюровская) частота, дебаевский радиус, типы элементарных процессов в плазме, движение заряженных частиц в плазме, циклотронная частота и циклотронный радиус, дрейф заряженных частиц в плазме, магнитный момент частицы плазмы, адиабатическая инвариантность магнитного момента частицы, магнитные ловушки, термоядерные реакции, безнейтронные термоядерные реакции, термоядерная плазма, проблема удержания плазмы, критерий Лоусона, магнитное удержание плазмы, токамаки, лазерный термоядерный синтез, мюонный катализ, плазменные устройства и технологии, ядерно-возбуждаемая плазма.

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной

форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний, обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

_____ В.Л. Шаблов, профессор, д.ф.-м.н., профессор отд. ЯФиТ

Рецензент:

_____ А.Г. Юферов, к.ф.-м.н., доцент отд. ЯФиТ