

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика и молекулярная физика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.09.05.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 3 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | 3 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 3 семестр - 59,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Интервью | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 3 семестр - 0,30 часа; |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шпанский Ю.С. |
| | Идентификатор | R76a6458c-ShpanskyYS-c471a135 |

(подпись)

Ю.С. Шпанский

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Яньков Г.Г. |
| | Идентификатор | Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc |

(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Герасимов Д.Н. |
| | Идентификатор | Ra5495398-GerasimovDN-6b58615 |

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основ одного из перспективных направлений получения энергии в результате термоядерного синтеза и его теплофизического обоснования.

Задачи дисциплины

- •Проинформировать обучающихся о современном состоянии энергетики и перспективах ее развития в нынешнем виде;
- •Провести сравнительный анализ существующих электростанций на основе ядерных реакторов деления и перспективных установок на основе реакций термоядерного синтеза;
- •Познакомить обучающихся с физическими основами и различными концепциями управляемого термоядерного синтеза (УТС);
- •Дать информацию о возможных теплоносителях термоядерных реакторов, о преимуществах и ограничениях их использования в условиях термоядерного реактора (ТЯР);
- •Ознакомить обучающихся с основными понятиями нейтронной физики применительно к ядерным реакторам и термоядерным установкам;
- •Научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке энергонапряженных элементов термоядерного реактора.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-3 Способен самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития атомной энергетики | ИД-1ПК-3 Ознакомлен с теплофизическими проблемами современной энергетики | знать: - Основные источники научно-технической информации о теплофизических свойствах конструкционных материалов и теплоносителей; - Закономерности процессов и методы расчета гидродинамики и теплообмена в условиях, характерных для термоядерных реакторов; - Основные понятия нейтронной физики применительно к ядерным реакторам и термоядерным установкам; - Содержание и математическое выражение закономерностей магнитного удержания высокотемпературной плазмы в термоядерных устройствах; - Основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза. |
| ПК-3 Способен самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать | ИД-2ПК-3 Способен к самостоятельному определению актуальной тематики научных исследований в области | уметь: - Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи; - Проводить анализ информации о |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|--|---|
| современные тенденции развития атомной энергетики | атомной энергетики | <p>новых концепциях управляемого термоядерного синтеза, технологиях изготовления и эксплуатации основных элементов термоядерных установок;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Рассчитывать коэффициенты теплоотдачи при течении различных теплоносителей в условиях термоядерного реактора; - Обосновывать выбор теплоносителей и конструкционных материалов для изготовления основных элементов термоядерных реакторов; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы в специальной литературе, научных журналах и в сети Интернет. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика и молекулярная физика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать 1.основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза
- знать 2.содержание и математическое выражение закономерностей магнитного удержания высокотемпературной плазмы в термоядерных устройствах
- знать 3.основные понятия нейтронной физики применительно к ядерным реакторам и термоядерным установкам
- знать 4.закономерности процессов и методы расчета гидродинамики и теплообмена в условиях, характерных для термоядерных реакторов
- знать 5.основные источники научно-технической информации о теплофизических свойствах конструкционных материалов и теплоносителей
- уметь 1.осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы в специальной литературе, научных журналах и в сети Интернет
- уметь 2.обосновывать выбор теплоносителей и конструкционных материалов для изготовления основных элементов термоядерных реакторов
- уметь 3.рассчитывать коэффициенты теплоотдачи при течении различных теплоносителей в условиях термоядерного реактора
- уметь 4.самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи
- уметь 5.проводить анализ информации о новых концепциях управляемого термоядерного синтеза, технологиях изготовления и эксплуатации основных элементов термоядерных установок

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | | |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|---|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| 1 | Достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Термины и определения. | 16 | 3 | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 1-306</p> | | |
| 1.1 | Достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Термины и определения. | 16 | | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 2 | Концептуальные вопросы УТС | 14 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Различные направления развития УТС <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 1-306</p> |
| 2.1 | Концептуальные вопросы УТС | 14 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | |
| 3 | Физические аспекты создания реактора-токамака | 16 | | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Магнитное удержание термоядерной плазмы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 1-306</p> |
| 3.1 | Физические аспекты создания реактора-токамака | 16 | | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 4 | Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак. | 14 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Магнитная система токамака <u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|--------------|--------------|--|
| 4.1 | Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак. | 14 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>источников:</u> [2], 1-306 |
| 5 | Теплоносители в ТЯР. | 14 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Особенности жидкосолевого и водяного теплоносителей <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-453 |
| 5.1 | Теплоносители в ТЯР. | 14 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| 6 | Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале. | 16 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Влияние конфигурации магнитного поля на гидродинамику жидких металлов <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-453 |
| 6.1 | Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале. | 16 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| | Зачет с оценкой | 18.00 | - | - | - | - | - | - | - | 0.30 | - | 17.70 | |
| | Всего за семестр | 108.00 | 16 | - | 32 | - | - | - | - | 0.30 | 42 | 17.70 | |
| | Итого за семестр | 108.00 | 16 | - | 32 | - | - | - | - | 0.30 | 59.70 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Термины и определения.

1.1. Достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Термины и определения.

Предисловие. Последние достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Современное состояние энергетики. Перспективы развития энергетики в ее нынешнем виде. Вероятные сценарии развития. Ядерные реакции как источник энергии. Дефект массы. Реакции деления. Критическая масса. Ядерные энергетические реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Принципиальные схемы. Реакции синтеза (термоядерные). Особенности некоторых реакций, рассматриваемых в качестве вероятных для управляемого термоядерного синтеза (УТС). Обоснование выбора реакции синтеза дейтерия и трития, как наиболее доступной в настоящее время. Условие зажигания термоядерной плазмы. Критерий Лоусона. Выводы и перспективы развития термоядерной энергетики..

2. Концептуальные вопросы УТС

2.1. Концептуальные вопросы УТС

Две концепции УТС. Магнитное удержание. Особенности некоторых систем магнитного удержания на примере открытой ловушки и токамака. Инерционное удержание. Особенности некоторых концепций на примере лазерной установки и КВС (котел взрывного сгорания). Классификация термоядерных реакторов (ТЯР). По энергобалансу плазмы. Реакции «с зажиганием» и «без зажигания». По характеристикам системы удержания – режиму работы, геометрии, способам удержания. По способам нагрева плазмы – омическим нагревом, ВЧ и СВЧ излучением и различными пучками. По способу первичного преобразования энергии и утилизации энергии нейтронов. «Чистые» и «гибридные» реакторы. Обобщенная схема ТЯР. Описание и особенности наиболее важных систем ТЯР как с магнитным, так и с инерционным удержанием. Конфигурации систем ИУ. Преимущества и недостатки. Схема лазерного ТЯР. Энергетический анализ. Схема ТЯР на электронных пучках. Конфигурации систем МУ. «Магнитная бутылка». Принципиальная схема токамака и определение основных его элементов. Параметры некоторых современных токамаков..

3. Физические аспекты создания реактора-токамака

3.1. Физические аспекты создания реактора-токамака

Магнитное удержание термоядерной плазмы в токамаке. Нагрев плазмы в токамаке. Омический нагрев и его ограничения. Инжекция нейтральных атомов. Ввод ВЧ и СВЧ излучения и его параметры. Элементы нейтронной физики ТЯР. Общие закономерности и примеры реакций взаимодействия термоядерных нейтронов с веществом. Логика нейтронно-физического расчета. Некоторые количественные характеристики. Энергетический баланс ТЯР. Схема и особенности энергетического баланса для «чистого» и «гибридного» реактора..

4. Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак.

4.1. Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак.

Первая стенка. Функции первой стенки. Факторы воздействия на нее. Возможные пути облегчения режимов работы первой стенки. Принципиальные конструктивные решения. Контактные и теплоаккумулирующие элементы. Дивертор. Основные задачи и требования. Типы диверторных пластин. Газовые мишени, контактные устройства с твердой рабочей

поверхностью, пленки жидкого металла, струйные и капельные завесы, капиллярно-пористые структуры. Бланкет. Функции бланкета. Требования. Материалы бланкета. Возможные конфигурации. Распределение энерговыделения в бланкете. Тритий в реакторе и тритиевая система..

5. Теплоносители в ТЯР.

5.1. Теплоносители в ТЯР.

Требования к теплоносителям в ТЯР. Газовые теплоносители. Преимущества и недостатки. Особенности и проблемы. Вода под давлением. Преимущества и недостатки. Жидкие металлы (ЖМ). Преимущества и недостатки. Проблема МГД-сопротивления. Расплавы солей. Преимущества и недостатки. Некоторые проекты бланкетов ТЯР..

6. Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале.

6.1. Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале.

Постановка задачи. Особенности теплообмена ЖМ в полях массовых сил. Дифференциальные уравнения МГД-теплообмена. Классические конфигурации МГД-течений. Особенности экспериментального исследования теплообмена ЖМ. Проблема термического контактного сопротивления. Зондовые измерения в жидких металлах. Гидродинамика и теплообмен ЖМ в трубе без магнитного поля. Формула Лайона и формула ФЭИ для теплообмена ЖМ. Гидродинамика и теплообмен ЖМ в трубе в продольном магнитном поле. Подавление турбулентности. Соотношение Фрейма-Хайзера. Влияние термогравитационной конвекции. Гидродинамика и теплообмен ЖМ в трубе в поперечном магнитном поле. Профиль скорости и влияние проводимости стенок канала. Теплообмен в поперечном магнитном поле. Гидродинамика и теплообмен ЖМ в трубе в плоском канале компланарном магнитном поле. Аналогия влияния продольного и компланарного магнитного поля на течение и теплообмен ЖМ..

3.3. Темы практических занятий

1. 2. Стеллараторы;
2. 1. Лазерный термояд;
3. 4. Жидкие металлы как теплоносители ТЯР;
4. 5. Расплавы солей как теплоносители ТЯР;
5. 3. Котел взрывного сгорания.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Теплоносители в ТЯР."
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале."

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Концептуальные вопросы УТС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физические аспекты создания реактора-токамака"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплоносители в ТЯР."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале."

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Физические аспекты создания реактора-токамака"
2. Консультации проводятся по разделу "Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак."
3. Консультации проводятся по разделу "Теплоносители в ТЯР."
4. Консультации проводятся по разделу "Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале."

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации проводятся по разделу "Концептуальные вопросы УТС"
2. Консультации проводятся по разделу "Концептуальные вопросы УТС"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Физические аспекты создания реактора-токамака"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак."
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теплоносители в ТЯР."
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Знать: | | | | | | | | |
| Основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза | ИД-1ПК-3 | | + | | | | | Интервью/основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза |
| Содержание и математическое выражение закономерностей магнитного удержания высокотемпературной плазмы в термоядерных устройствах | ИД-1ПК-3 | | | | | | + | Интервью/теплоносители в ТЯР |
| Основные понятия нейтронной физики применительно к ядерным реакторам и термоядерным установкам | ИД-1ПК-3 | | | | + | | | Интервью/важнейшие элементы ТЯР типа токамак |
| Закономерности процессов и методы расчета гидродинамики и теплообмена в условиях, характерных для термоядерных реакторов | ИД-1ПК-3 | + | | | | | | Интервью/процессы гидродинамики и теплообмена в условиях, характерных для термоядерных реакторов |
| Основные источники научно-технической информации о теплофизических свойствах конструкционных материалов и теплоносителей | ИД-1ПК-3 | | | + | | | | Интервью/теплоносители в ТЯР |
| Уметь: | | | | | | | | |
| осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы в специальной литературе, научных журналах и в сети Интернет | ИД-2ПК-3 | + | | | | | | Интервью/основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза |
| Обосновывать выбор теплоносителей и | ИД-2ПК-3 | | | | | + | | Интервью/теплоносители в ТЯР |

| | | | | | | | | |
|--|----------|--|--|---|---|--|--|--|
| конструкционных материалов для изготовления основных элементов термоядерных реакторов | | | | | | | | |
| Рассчитывать коэффициенты теплоотдачи при течении различных теплоносителей в условиях термоядерного реактора | ИД-2ПК-3 | | | + | | | | Интервью/физические аспекты создания реактора-токамака |
| Проводить анализ информации о новых концепциях управляемого термоядерного синтеза, технологиях изготовления и эксплуатации основных элементов термоядерных установок | ИД-2ПК-3 | | | + | | | | Интервью/основные концептуальные вопросы УТС |
| Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи | ИД-2ПК-3 | | | | + | | | Интервью/важнейшие элементы ТЯР типа токамак |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. важнейшие элементы ТЯР типа токамак (Интервью)
2. основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза (Интервью)
3. основные концептуальные вопросы УТС (Интервью)
4. процессы гидродинамики и теплообмена в условиях, характерных для термоядерных реакторов (Интервью)
5. теплоносители в ТЯР (Интервью)
6. физические аспекты создания реактора-токамака (Интервью)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

Использование только промежуточной аттестации

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 18-я Международная конференция "Электромагнитное поле и материалы" /Москва-Фирсановка, 19-21 ноября, 2010 = XVIII International Conference. Electromagnetic field and materials : Секция Международной конференции "Электромагнитное поле и материалы" в МЭИ (ТУ) / Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : ПЛАНТИ, 2010 . – 453 с.;
2. "07.00.10 - История науки и техники: сборник программ основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура) по научной специальности 07.00.10 «История науки и техники», отрасли науки: 07.00.00 «Исторические науки и археология», Издательство: "Кемеровский государственный университет культуры и искусств (КемГУКИ)", Кемерово, 2012 - (306 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=274204>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

3. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|---|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Т-408, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Т-408, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Т-408, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для самостоятельной работы | Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники | стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Т-205, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Т-213, Подсобное помещение | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплофизические проблемы термоядерных реакторов

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 основные источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по прикладным проблемам создания установок на основе управляемого термоядерного синтеза (Интервью)
- КМ-2 процессы гидродинамики и теплообмена в условиях, характерных для термоядерных реакторов (Интервью)
- КМ-3 основные концептуальные вопросы УТС (Интервью)
- КМ-4 физические аспекты создания реактора-токамака (Интервью)
- КМ-5 важнейшие элементы ТЯР типа токамак (Интервью)
- КМ-6 теплоносители в ТЯР (Интервью)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Термины и определения. | | | | | | | |
| 1.1 | Достижения и проблемы использования энергии термоядерного синтеза. Термины и определения. | | + | + | | | | |
| 2 | Концептуальные вопросы УТС | | | | | | | |
| 2.1 | Концептуальные вопросы УТС | | + | | + | | | |
| 3 | Физические аспекты создания реактора-токамака | | | | | | | |
| 3.1 | Физические аспекты создания реактора-токамака | | | | | + | | + |
| 4 | Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак. | | | | | | | |
| 4.1 | Некоторые важнейшие элементы ТЯР типа токамак. | | | | | | + | |
| 5 | Теплоносители в ТЯР. | | | | | | | |
| 5.1 | Теплоносители в ТЯР. | | | | | | | + |
| 6 | Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале. | | | | | | | |
| 6.1 | Теплообмен жидкометаллического теплоносителя в канале. | | | | | | | + |

| | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|
| Бec KM, %: | 20 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 |
|------------|----|----|----|----|----|----|