

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Инженерный институт



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика плазмы Б1.В.ОД.7

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Шарифуллин С.Н., Файрушин Ильназ Изаилович

**Рецензент(ы):** Кашапов Н.Ф.

### СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Шарифуллин С.Н. (кафедра технической физики и энергетики, Инженерный институт), Saidchist@mail.ru ; Файрушин Ильназ Изаилович

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
ОПК-1	способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК-3	способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности
ОПК-4	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-10	способностью применять современные информационные технологии, пакеты прикладных программ, сетевые компьютерные технологии и базы данных в предметной области для расчета технологических параметров

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- Термодинамику плазмы;
- Элементарные процессы плазмы;
- Физическую кинетику плазмы;
- Динамику заряженных частиц в электрическом и магнитном полях;
- Магнитную гидродинамику плазмы;
- Неустойчивости плазмы;
- Колебания и волны в плазме;
- Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме;
- Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой;
- Диагностику плазмы;
- О электрических разрядах в газах;
- Гидродинамические и тепловые явления в плазме;
- Прикладные проблемы физики плазмы;

Должен уметь:

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

Должен владеть:

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

Должен демонстрировать способность и готовность:

- Способность критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;

Способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств;

Готовность осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов;

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

Способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях технической физики с учетом экономических и экологических требований;

Способность разрабатывать, проводить наладку и испытания и эксплуатировать наукоемкое технологическое оборудование;

Готовность решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ;

Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства, составлять необходимый комплект технической документации;

Готовность применять методы анализа вариантов проектных, конструкторских и технологических решений, разработки и поиска компромиссных решений

Способность владеть приемами и методами работы с персоналом, методами оценки качества и результативности труда, способностью оценивать затраты и результаты деятельности научно-производственного коллектива

Способность находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности;

Готовность управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию;

Готовность принимать непосредственное участие в учебной и учебно-методической работе кафедр и других учебных подразделений по профилю направления, участвовать в разработке программ учебных дисциплин и курсов

Способность проводить учебные занятия, лабораторные работы, обеспечивать практическую и научно-исследовательскую работу обучающихся;

Способность применять и разрабатывать новые образовательные технологии;

Готовность и способность применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий;

Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов;

Готовность к участию в организации и проведении инновационного образовательного процесса;

Готовность к участию в разработке и реализации проектов по интеграции высшей школы, академической и отраслевой науки, промышленных организаций и предприятий малого и среднего бизнеса.

## **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (не предусмотрено)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

## **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы) на 288 часа(ов).

Контактная работа - 152 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 80 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 109 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

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

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение.	6	3	0	0	6
2.	Тема 2. Термодинамика плазмы.	6	3	2	4	6
3.	Тема 3. Элементарные процессы в плазме.	6	3	2	4	6
4.	Тема 4. Физическая кинетика плазмы.	6	4	2	4	6
5.	Тема 5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	6	3	2	4	8
6.	Тема 6. Магнитная гидродинамика плазмы.	6	4	2	4	8
7.	Тема 7. Неустойчивость плазмы.	6	3	2	4	8
8.	Тема 8. Колебания и волны в плазме.	6	3	2	4	8
9.	Тема 9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме.	6	4	2	4	8
10.	Тема 10. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой.	6	3	2	6	8
11.	Тема 11. Излучение плазмы.	6	4	0	8	7
12.	Тема 12. Диагностика плазмы.	6	3	0	6	6
13.	Тема 13. Электрический разряд в газах.	6	3	0	6	6
14.	Тема 14. Гидродинамические и тепловые явления в плазме.	6	4	0	8	6
15.	Тема 15. Прикладные проблемы физики плазмы.	6	3	0	8	6
16.	Тема 16. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме.	6	4	0	6	6
	Итого		54	18	80	109

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Введение.

Предмет изучения. Развитие физики плазмы как науки. О физике плазмы как разделе физики, ее задачах и методах их решения. Исторический обзор.

Определение плазмы. Ионизованный газ. Основные характеристики плазмы.

Несамостоятельные и самостоятельные разряды. Виды плазм. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой разряд. Коронный разряд. Объемные разряды.

###### Тема 2. Термодинамика плазмы.

Основные параметры термодинамической системы. Квазинейтральность плазмы, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации. Вырождение плазмы, статистика Больцмана и Ферми-Дирака, модель Томаса-Ферми.

###### Тема 3. Элементарные процессы в плазме.

Столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц. Упругие и неупругие соударения. Ионизация, возбуждение, рекомбинация и перезарядка. Формула Саха. Излучение плазмы. Фотохимия.

#### **Тема 4. Физическая кинетика плазмы.**

Уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов). Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля. Кинетика возбужденных молекул в плазме.

#### **Тема 5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.**

Движение в однородных магнитных полях. Адиабатический инвариант, магнитная ловушка. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения. Заряженная частица в высокочастотном поле. Электрический дрейф. Дрейф в неоднородном магнитном поле. Движение заряженной частицы в скрещенных электрическом и магнитном полях.

#### **Тема 6. Магнитная гидродинамика плазмы.**

Магнитная гидродинамика как физическая дисциплина, возникшая на пересечении гидродинамики и электродинамики сплошной среды. динамика проводящей жидкости или газа в магнитном поле. Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, вмороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Двухжидкостное приближение. Уравнения магнитной гидродинамики. Равновесие плазмы в магнитном поле. Гидромагнитные неустойчивости. Гидромагнитные волны.

#### **Тема 7. Неустойчивость плазмы.**

Проблемы устойчивости плазмы. Плазменные неустойчивости, приводящие к неустойчивости равновесного состояния плазмы и к её отходу от этого состояния. Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч. Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегреваемая и ионизационная неустойчивости. Энергетический принцип МГД-устойчивости.

#### **Тема 8. Колебания и волны в плазме.**

Основные типы колебаний и волн в плазме: лэнгмюровские электронные и ионные, электромагнитные, ионно-звуковые, магнитозвуковые, альфвеновские. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн. Колебания в холодной плазме. Распространение волн в плазме при наличии магнитного поля. Плазмоны. Метод малых колебаний. Пылевая плазма. Элементарные процессы в пылевой плазме. Колебания, волны и неустойчивости в пылевой плазме.

#### **Тема 9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме.**

Особенности взаимодействия заряженных частиц плазмы с создаваемыми ими электромагнитными волнами. Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение. Взаимодействие заряженных частиц плазмы с другими заряженными частицами, удалёнными на большие расстояния.

#### **Тема 10. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой.**

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

#### **Тема 11. Излучение плазмы.**

Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание. Пробеги излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность. Закон планка. Спектральные характеристики излучения. Черное тело. Связь между законами Максвелла и Планка.

#### **Тема 12. Диагностика плазмы.**

Цель и задачи диагностики плазмы. Методы диагностики плазмы: зондовые методы, спектральные методы, оптические методы, СВЧ-методы, корпускулярные методы, лазерное рассеяние, магнитные измерения. Современные средства диагностики плазмы и их применение. Принципиальные схемы средств диагностики плазмы.

#### **Тема 13. Электрический разряд в газах.**

Условия возникновения электрического разряда в газах. Типы разрядов. Их характеристика и особенности. Способы ионизации газа. Низкотемпературная и высокотемпературная плазмы. Их характеристика. Самостоятельная и несамостоятельная виды плазмы в газах. Равновесная и неравновесная плазма. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд.

#### **Тема 14. Гидродинамические и тепловые явления в плазме.**

Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн, нелинейные волны теплопроводности. Токовые слои. Гидродинамические и тепловые явления в плазме при взаимодействии лазерного луча с веществом. Кинетический и гидродинамический методы описания плазмы

#### **Тема 15. Прикладные проблемы физики плазмы.**



Управляемый термоядерный синтез, магнитное удержание и нагрев плазмы в магнитных ловушках и инерциальных системах. Геофизические и астрофизические плазменные явления ? ионосфера Земли, межпланетная плазма, звезды. Плазменные источники излучения, плазменная СВЧ-электроника. Преобразование тепловой энергии в электрическую: МГД-преобразователи, тепловые преобразователи. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц.

## **Тема 16. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме.**

Объект плазмохимии. Специфические особенности плазмохимических реакций. Характеристика плазмохимических систем. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц. Энергетика химических реакций в электрических разрядах. Уровневый коэффициент скорости элементарной плазмохимической реакции.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**



**6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения**

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Устный опрос	ОПК-1	3. Элементарные процессы в плазме. 4. Физическая кинетика плазмы. 12. Диагностика плазмы.
2	Реферат	ОПК-3	5. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. 11. Излучение плазмы.
3	Письменная работа	ОПК-4	8. Колебания и волны в плазме. 13. Электрический разряд в газах.
4	Устный опрос	ПК-10	9. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме. 16. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме.
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-10	

**6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1 4
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Используемые источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Используемые источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 6**

**Текущий контроль**

**1. Устный опрос**

Темы 3, 4, 12

Определение плазмы.

Дебаевский радиус.

Квазинейтральность плазмы.

Ленгмюровская частота.

Уравнение экранировки.

Идеальная плазма.

Вырожденная плазма.

Кулоновское

взаимодействие.

Энергия Ферми.

Виды плазм.  
Прямые элементарные процессы.  
Обратные элементарные процессы.  
Возбуждение.  
Тушение.  
Диссоциация.  
Ассоциация.  
Ионизация.  
Рекомбинация.  
Упругие столкновения.  
Неупругие столкновения.  
Резонансные соударения.

## **2. Реферат**

Темы 5, 11

Дрейфовое движение частиц в плазме.  
Разновидности дрейфового движения частиц в плазме.  
Модель проводящей жидкости.  
Приближение идеальной проводимости.  
Магнитогидродинамический метод описания плазмы.  
Явления переноса в замагниченной плазме.  
Взаимное проникновение плазмы и магнитного поля.

## **3. Письменная работа**

Темы 8, 13

Магнитогидродинамические неустойчивости плазмы  
Кинетические неустойчивости  
Параметрические неустойчивости  
Колебания и волны в плазме в отсутствие магнитного поля  
Колебания и волны в плазме в магнитном поле  
Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме. Резонанс, затухание.  
Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой. Разогрев плазмы  
Линейчатое излучение плазмы  
Фоторекомбинационное излучение плазмы  
Тормозное излучение свободного электрона в поле иона  
Магнитотормозное, или циклотронное, излучение (ЦИ) электрона при его вращении в магн. поле напряжённостью  $H$   
Зондовые методы диагностики плазмы  
Пассивные методы диагностики плазмы  
Активные методы диагностики плазмы  
Тлеющий разряд  
Искровой разряд  
Коронный разряд  
Дуговой разряд  
Магнетронный разряд  
ВЧ-разряд  
СВЧ-разряд  
Оптический разряд

## **4. Устный опрос**

Темы 9, 16

Ударные волны в плазме  
Скачок уплотнения  
Релаксационный слой  
Излучение ударных волн  
Нелинейные волны теплопроводности  
Токовые слои  
Геофизические и астрофизические плазменные явления : ионосфера Земли, межпланетная плазма, звезды.  
Плазменные источники излучения, плазменная СВЧ-электроника.  
Преобразование тепловой энергии в электрическую: МГД-преобразователи, тепловые преобразователи.  
Устройства и работа токамака.

Химические реакции в равновесной плазме.  
Химические реакции в неравновесной плазме.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Определение плазмы.
2. Дебаевский радиус.
3. Квазинейтральность плазмы.
4. Ленгмюровская частота.
5. Уравнение экранировки.
6. Идеальная плазма.
7. Вырожденная плазма.
8. Кулоновское взаимодействие.
9. Виды плазм.
10. Элементарные процессы.
11. Упругие столкновения.
12. Неупругие столкновения.
13. Резонансные соударения.
14. Полное термодинамическое равновесие.
15. Частичные равновесия.
16. Степень ионизации.
17. Энергия ионизации атома.
18. Формула Саха.
19. Самодиффузия.
20. Дрейфовое движение частиц в плазме.
21. Разновидности дрейфового движения частиц в плазме.
22. Модель проводящей жидкости.
23. Явления переноса в замагниченной плазме.
24. Колебания в холодной плазме.
25. Распространение волн в плазме при наличии магнитного поля.
26. Ленгмюровские колебания и волны в плазме.
27. Плазмоны.
28. Фотометрические величины.
29. Виды уширений.
30. Поглощение в линиях.
31. Излучение в линиях.
32. Эмиссионные методы.
33. Методы поглощения.
34. Оптико-гальваническая спектроскопия.
35. Электростатические линзы.
36. Магнитные линзы
37. Фотоэлектронная эмиссия.
38. Вторичная электронная эмиссия.
39. Расширение Вселенной и закон Хаббла.
40. Фрагментация вещества во Вселенной.
41. Теория горячей Вселенной. Нейтрино в теории горячей плазмы.
42. Антинуклоны в горячей плазме.
43. Плазма и реликтовое излучение.
44. Космические лучи.
45. Холодная плазма в ионосфере и плазмосфере Земли.
46. Горячая магнитосферная плазма.
47. Звезды. Основные параметры звезд
48. Ядерные реакции. Устойчивость звезд.
49. Коэффициент Таунсенда. Электронные лавины.
50. Серии лавин. Лавинное усиление.
51. Механизм Таунсендовского пробоя. Закон Пашена. Роль фотоионизации в развитии заряда.
52. Коронарный разряд. Пробой длинных промежутков. Молния.
53. Темный разряд.
54. Тлеющий разряд.
55. Магнетронный разряд.

- 56. Основные задачи и методы моделирования плазмы.
- 57. Специфика моделирования плазменных процессов.
- 58. Метод крупных частиц.
- 59. Термоядерный синтез. Ловушки для плазмы. Удержание плотной плазмы.
- 60. Устройства и работа токамака.
- 61. Принцип действия токамака. Принципиальная схема токамака.
- 62. Неидеальная плазма. Методы генерации неидеальной плазмы.

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

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

- 56 баллов и более - "зачтено".
- 55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

- 86 баллов и более - "отлично".
- 71-85 баллов - "хорошо".
- 56-70 баллов - "удовлетворительно".
- 55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	5
		4	5
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	2	15
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	25
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### 7.1 Основная литература:

1. Рожанский В.А. Теория плазмы. 1-е издание [Электронный ресурс] /В.А. Рожанский. - М.: изд-во 'Лань', 2012. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-1233-4. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2769>
2. Голант В.Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] /В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. - М.: изд-во 'Лань', 2011. - 448 с. - ISBN 978-5-16-005711-8. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1550>
3. Кудрявцев А.А. Физика тлеющего разряда [Электронный ресурс] /А.А. Кудрявцев, А.С. Смирнов, Л.Д. Цендин. - М.: изд-во 'Лань', 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-8199-0576-0. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/552>





Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов - планируемая учебная, учебно- исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия или при частичном участии преподавателя, оставляющим ведущую роль в работе студентам.</p> <p>Количество часов на самостоятельную работу студента по дисциплине устанавливается учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины. В рабочей программе указываются виды планируемой самостоятельной работы студента, их содержание, трудоемкость выполнения, методы контроля и перечень рекомендуемой учебной и учебно-методической литературы.</p> <p>Самостоятельная работа студентов проводится с целью:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;</li> <li>- углубления и расширения теоретических знаний;</li> <li>- формирования умений использовать справочную литературу;</li> <li>- развития познавательных и творческих способностей студентов;</li> <li>- формирования самостоятельности мышления;</li> <li>- развития исследовательских умений.</li> </ul> <p>Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить рекомендуемые литературные источники;</li> <li>- изучить основные понятия и определения;</li> <li>- решить предложенные задачи;</li> <li>- ответить на контрольные вопросы.</li> </ul> <p>В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аудиторная (самостоятельная работа на учебных занятиях под руководством преподавателя);</li> <li>- внеаудиторная ( самостоятельная работа по заданию преподавателя, но без его участия).</li> </ul> <p>Основными видами внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подготовка к лекционным занятиям;</li> <li>- индивидуальные домашние задания;</li> <li>- подготовка к лабораторным и практическим занятиям;</li> <li>- подготовка к зачету и экзамену.</li> </ul>
устный опрос	<p>Устный опрос проводятся в часы аудиторной работы. Устный опрос нацелен на экспресс проверку остаточных знаний. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.</p>
реферат	<p>Сдача реферата проводится в часы аудиторной работы для закрепления пройденного материала и расширения кругозора обучающегося. Реферат выполняется в печатном виде на тему, заданную преподавателем.</p> <p>При подготовке реферата рекомендуется использовать печатные и электронные версии монографий и статей в периодических изданиях, использование материалов страниц сайтов не приветствуется.</p> <p>В конце реферата обязательно должен быть приведен список использованных источников. При сдаче реферата учитывается объем материала (не менее 10 стр.), полнота и логика изложения.</p>
письменная работа	<p>Письменная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдается преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Залогом успешной сдачи зачетов, экзаменов являются систематические занятия в течение семестра. Однако необходима и специальная работа в период сессии.</p> <p>Задачи студента - это повторение, обобщение и систематизация изученного материала. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>Сначала следует внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы.</p> <p>Повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций, результаты практических и лабораторных занятий.</p> <p>Установите четкий ритм работы и режим дня. Разумно чередуйте труд и отдых, питание, нормальный сон и пребывание на свежем воздухе.</p>

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

Освоение дисциплины "Физика плазмы" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

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

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

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

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

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

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

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .