

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

« 01 » июня 2021 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Плазменные методы исследования электронных процессов

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
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 (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
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 (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Хакки А. (кафедра технической физики и энергетики, Инженерный институт), AdHakki@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ПК-1	Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные характеристики ионизационных и рекомбинационных процессов,
- их взаимосвязь с параметрами твердого тела и облучающих его частиц,
- способы управления указанными характеристиками,
- методы измерения работы выхода;

Должен уметь:

- применять экспериментальные и теоретические методы физики плазмы для определения основных величин ионизационных и рекомбинационных процессов
- выполнять измерения и экспериментальные исследования различных объектов физики плазмы
- планировать необходимый эксперимент и использовать информационные технологии для обработки и оценки погрешностей полученных данных.

Должен владеть:

- экспериментальными и теоретическими методами определения основных величин ионизационных и рекомбинационных процессов
- методами выполнения физико-технических расчетов параметров исследуемого объекта;
- стандартными пакетами программ компьютерной графики и моделирования;
- навыками монтажа, наладки и технической эксплуатации аналитического и технологического оборудования.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- способность осваивать, разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в области физики газоразрядной плазмы;
- готовность и способность применять физические и технические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий в области физики газоразрядной плазмы.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (Техническая физика)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 7 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 86 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 50 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 67 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 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	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Образование положительных ионов при атомных столкновениях, возбуждение атомов	7	6	0	8	0	0	0	9
2.	Тема 2. Процессы возбуждения атомов	7	6	0	8	0	0	0	12
3.	Тема 3. Комплексные и сложные ионы	7	6	0	8	0	0	0	12
4.	Тема 4. Подвижность и диффузия ионов в газе	7	6	0	8	0	0	0	12
5.	Тема 5. Рекомбинационные процессы	7	6	0	8	0	0	0	12
6.	Тема 6. Ионно-молекулярные процессы	7	6	0	10	0	0	0	10
	Итого		36	0	50	0	0	0	67

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Образование положительных ионов при атомных столкновениях, возбуждение атомов

1. Обсуждается вопрос ионизации атомной частицы электронным ударом: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения, траектория рассеяния.
2. Рассматривается процесс ионизации при столкновении атомов и ионов: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения, траектория рассеяния.
3. Отрицательный ион.

###### Тема 2. Процессы возбуждения атомов

1. Обсуждается вопрос образования метастабильных атомов в плазме: причины образования метастабильных атомов в плазме, характеристики процесса образования метастабильных атомов в плазме.
2. Рассматривается процесс диффузии метастабильных атомов в газе: определяются основные силы вызывающие диффузию и характеристики процесса.
3. Тушение возбужденных атомов

###### Тема 3. Комплексные и сложные ионы

1. Обсуждается вопрос определения энергии диссоциации комплексного и сложного ионов: что называется энергией диссоциации комплексного и сложного ионов, от чего зависит данный процесс, каковы его характеристики.
2. Образование комплексных ионов при тройных соударениях.
3. Образование сложных ионов в молекулярных газах.

###### Тема 4. Подвижность и диффузия ионов в газе

1. Обсуждаются методы расчета и измерения подвижности ионов: для чего нужно рассчитывать и измерять подвижность ионов, какие методы существуют, классификация методов расчета и измерения подвижности ионов, достоинства и недостатки методов.
2. Подвижность ионов в различных условиях.
3. Диффузия ионов в газе в постоянном электрическом поле.

###### Тема 5. Рекомбинационные процессы

1. Обсуждается вопрос рекомбинации электронов и атомных ионов: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения.
2. Диссоциативная рекомбинация электронов и молекулярных ионов: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения.
3. Образование и разрушение отрицательных ионов в газе: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения.

#### **Тема 6. Ионно-молекулярные процессы**

1. Механизмы ионно-молекулярных реакций: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения.
2. Ионизация атома при соударении с резонансно возбужденным атомом: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения.
3. Ассоциативная ионизация: скорость процесса, вероятность столкновения, сечение столкновения.

#### **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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

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

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

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

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

#### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Амбиполярная диффузия - [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/0102.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0102.html)

БЭС. Плазма - <http://www.help-rus-student.ru/text/60/173.htm>

ПРОЦЕССЫ в плазме - [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/4211/ПЕРЕНОСА](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/4211/ПЕРЕНОСА)

Процессы переноса в плазме - [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_2/2804.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_2/2804.html)

Явление переноса - [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/1953/ПЕРЕНОСА](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1953/ПЕРЕНОСА)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	При посещении лекционных занятий рекомендуется вести конспект по материалам занятия, выделять важные моменты, записывать определения, отмечать названия электронных ресурсов, которые преподаватель указывает как дополнительные источники. Через некоторое время желательно просмотреть конспект и отметить непонятое, чтобы в дальнейшем самостоятельно разобраться.
практические занятия	Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. При подготовке к практическим занятиям необходимо: - изучить соответствующую литературу; - иллюстрировать теоретические положения самостоятельно подобранными примерами; - разобрать примеры решения типовых задач (приводятся в методических указаниях); При выполнении практических работ студент пользуется справочной литературой и вычислительной техникой.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов при освоении курса является неотъемлемой частью программы. Для успешного усвоения данной дисциплины требуется систематическая работа с современной литературой и, в особенности, интернет ресурсами. Литература на английском языке, как правило, более современная и информация, содержащаяся в ней актуальна.
экзамен	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.

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## **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 "Техническая физика".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.03.02 Плазменные методы исследования  
электронных процессов

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

**Основная литература:**

1. Кудрявцев А. А. Физика тлеющего разряда [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Кудрявцев, А. С. Смирнов, Л. Д. Цендин. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-8114-1037-8 - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/552>. - Загл. с экрана.
2. Рожанский В. А. Теория плазмы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Рожанский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-1233-4 - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2769>. - Загл. с экрана.
3. Голант В. Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-1198-6 - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1550>. - Загл. с экрана.

**Дополнительная литература:**

1. Фортов, В.Е. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Газовые и плазменные лазеры [Электронный ресурс] : энцикл. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2005. - 918 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2677>. - Загл. с экрана.
2. Фортов, В.Е. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Справочные приложения, базы и банки данных [Электронный ресурс] : энцикл. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2004. - 539 с. - ISBN 5-9221-0550-7 - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2678>. - Загл. с экрана.



Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.03.02 Плазменные методы исследования  
электронных процессов

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.