

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д. А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика вакуума

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## 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. (доцент) Алакшин Е.М. (Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), Egor.Alakshin@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-3	Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач
ПК-2	Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

фундаментальные разделы физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач современные подходы к 'выведению' и интерпретации важнейших физических понятий (а может быть, и некоторых понятий других наук) в рамках физико-вакуумной модели мира, а также физические принципы, лежащие в основе каждого из методов получения вакуума.

Должен уметь:

ориентироваться в современных методах получения вакуума исследования конденсированной материи

Должен владеть:

практическими знаниями о границах практического применения методов и их сопоставление

Должен демонстрировать способность и готовность:

ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта, работать с литературой на английском языке и активно использовать Интернет ресурсы.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.2 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Физика магнитных явлений)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 1 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 13 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 13 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 46 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 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	
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.	1	2	0	1	4
2.	Тема 2. Молекулярно-кинетическая теория газов.	1	1	0	1	4
3.	Тема 3. Границы раздела газ-твердое тело.	1	1	0	1	4
4.	Тема 4. Понятие о степенях вакуума.	1	1	0	1	4
5.	Тема 5. Адсорбция газов.	1	1	0	1	4
6.	Тема 6. Диффузия в твердых телах.	1	1	0	1	4
7.	Тема 7. Физические процессы в вакууме.	1	1	0	1	4
8.	Тема 8. Диффузия в газах.	1	1	0	1	4
9.	Тема 9. Механические методы получения вакуума.	1	1	0	1	4
4.2	Тема 10. Физико-химические методы получения вакуума.	1	1	0	2	4
4.2	Содержание дисциплины (модуля)					
Тема 1. Введение.	Тема 11. Физические основы истории развития физики вакуума. Методы измерения вакуума. Применение вакуума в науке и технике. Понятие о вакууме и давлении. Физический и технический вакуум. Соотношение между длиной свободного пробега молекул газа и характерным размером среды. Модели вакуума. Понятие ложного вакуума. Эйнштейновский вакуум. Примеры применения вакуума.	1	2	0	2	6

#### Тема 2. Молекулярно-кинетическая теория газов.

Газовые законы. Взаимодействие газа с твердыми телами. Виды сорбции. Диффузия газов в твердых телах и проницаемость материалов. Основное уравнение Молекулярно-кинетическая теория газов. Упрощенный вывод основного уравнения Молекулярно-кинетическая теория газов. Уравнение среднеквадратичной скорости молекулы.

#### Тема 3. Границы раздела газ-твердое тело.

Частота соударений молекул газа с поверхностью и единицы давления. Распределение молекул газа по скоростям.

#### Тема 4. Понятие о степенях вакуума.

Атмосферное давление. Средняя длина свободного пути. Понятие о степенях вакуума.

#### Тема 5. Адсорбция газов.

Сорбционные явления в вакууме. Энергия взаимодействия. Время адсорбции. Конденсация и испарение. Адсорбция газов и паров.

#### Тема 6. Диффузия в твердых телах.

Растворимость газов в твердых телах. Степени покрытия поверхности

#### Тема 7. Физические процессы в вакууме.

Физические процессы в вакууме. Вязкость газов. Перенос теплоты в вакууме.

#### Тема 8. Диффузия в газах.

Электрические явления в вакууме. Диффузия в газах. Режимы течения газов.

### **Тема 9. Механические методы получения вакуума.**

Механические методы получения вакуума. Общая характеристика вакуумных насосов. Механические вакуумные насосы. Объемная откачка. Конструкции объемных насосов Молекулярная откачка. Конструкции молекулярных насосов. Пароструйная откачка. Конструкции пароструйных насосов.

### **Тема 10. Физико-химические методы получения вакуума.**

Физико-химические методы получения вакуума. Общая характеристика. Ионная откачка. Хемосорбционная откачка. Конструкции испарительных насосов. Криоконденсационная откачка. Криoadсорбционная откачка. Конструкции криогенных насосов. Ионно-сорбционная откачка. Конструкции ионно-сорбционных насосов

### **Тема 11. Физические основы методов измерения вакуума.**

Физические основы измерения вакуума. Основы течеискания.

## **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"

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)

Вакуум и Физика. - <http://www.socratus.com/rus/vacuum-rus.htm>

Материал из Википедии - <http://ru.wikipedia.org/wiki/Вакуум>

О природе физического вакуума - <http://kosinov.314159.ru/kosinov7.htm>

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ИДЕИ О ПРИРОДЕ ВАКУУМА - [http://rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=2070](http://rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=2070)

Строение Вакуума (Леннаучфильм) - <http://www.youtube.com/watch?v=PqqgYpUrd7I>

Структура вакуума - [http://www.youtube.com/watch?v=ntgX\\_NcxfP8](http://www.youtube.com/watch?v=ntgX_NcxfP8)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>В ходе лекций обучающимся рекомендуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вести конспектирование учебного материала;</li> <li>- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.</li> </ul> <p>В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся, дополняющего материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.</p> <p>После прослушивания и конспектирования лекций по данной дисциплине рекомендуется самостоятельно повторить пройденный материал, ознакомиться с содержанием соответствующих глав основной и дополнительной литературы, внести соответствующие дополнения в конспект лекций. Особое внимание необходимо уделить вопросам для самостоятельного изучения, которые лектор задал на прошедшей лекции.</p>
лабораторные работы	<p>Студенты обязаны посещать все лабораторные занятия, предусмотренные учебным планом. На практических занятиях также необходимо иметь с собой конспект лекций. Темы лабораторных работ раздаются заранее и к ним необходимо подготовиться. При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать технику безопасности. Все экспериментально измеренные параметры и величины тщательно записываются в отдельный журнал. После обработки результатов и решения поставленной в лабораторной работе задачи студенты оформляют отчет в виде презентации. ♦</p>
самостоятельная работа	<p>Здесь важно отметить, что она подразделяется на следующие виды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Работа с лекционным материалом (см. выше).</li> <li>Подготовка к презентации (научный доклад) (см. ниже).</li> <li>Работа с аудиовизуальным материалом. Здесь предусмотрен просмотр научно-популярных фильмов по пройденным на лекциях темам. Такой инновационный вид самостоятельной работы способствует лучшему усвоению материала курса лекций.</li> </ul>

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	Для подготовки к зачету по курсу "Физика вакуума" студенты должны использовать не только курс лекций и основную литературу, но и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы. За день или два до даты зачета проводится консультация. На консультации преподавателю можно задать возникшие в ходе подготовке к зачету вопросы.

#### **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 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Физика магнитных явлений".

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

#### Основная литература:

1. Вакуумная техника: Учебное пособие / А.Н. Попов. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 167 с.: ил.; 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-006031-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/317368>
2. Физические основы электроники: Учебное пособие / В.В. Умрихин; Уником Сервис. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Технологический сервис). ISBN 978-5-98281-306-0. <http://znanium.com/bookread.php?book=316836>
3. Электронная техника: Учебник / М.В. Гальперин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 352 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0176-2 <http://znanium.com/bookread.php?book=420238>
4. Физические основы вакуумной техники [Электронный ресурс] Беркина А.Б., Василевский А.И. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 84 с.: ISBN 978-5-7782-2424-7 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546221>

#### Дополнительная литература:

1. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - Электрон. дан. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 296 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/70766>
2. Вакуумная техника: справочник [Электронный ресурс] : справ. / К.Е. Демихов [и др.]. - Электрон. дан. - Москва : Машиностроение, 2009. - 590 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/723>.
3. Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Молекулярная физика и термодинамика: учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. П. Бобровского. - СПб.: БХВ- Петербург, 2009. - 499 с.: ил. - (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-94157-731-6. <http://znanium.com/bookread.php?book=349974>



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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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