

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  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Вакуумная и криогенная техника для современных квантовых систем

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Информационные процессы и киберфизические системы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## 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
ПК-1	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-5	владением методами защиты интеллектуальной собственности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы, основные понятия, терминологию, законы вакуумной и криогенной техники; иметь представление о современном состоянии этого раздела техники; Обладать знаниями о применении низких и сверхнизких температур, высокого и сверхвысокого вакуума;

Должен уметь:

ориентироваться в современных методах получения и измерения низких и сверхнизких температур, понимать физические принципы, лежащие в основе каждого из методов; ориентироваться в современных методах получения высокого и сверхвысокого вакуума, понимать физические принципы, лежащие в их основе;

Должен владеть:

практическими навыками в работе с криогенными жидкостями, низкотемпературными термометрами, вакуумметрами, вакуумной техникой

Должен демонстрировать способность и готовность:

решать практические проблемы экспериментальной физики связанные с применением вакуумной и криогенной техники

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Информационные процессы и киберфизические системы)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 5 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 - 52 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 34 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 20 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 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)						Само-стоя-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. Введение. Концепции вакуума и температуры. Термодинамические законы.	5	6	0	0	0	12	0	6
2.	Тема 2. Основы криогенной техники.	5	6	0	0	0	12	0	6
3.	Тема 3. Основы вакуумной техники.	5	6	0	0	0	12	0	6
	Итого		18	0	0	0	36	0	18

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение. Концепции вакуума и температуры. Термодинамические законы.

Введение. Концепции вакуума и температуры. Термодинамические законы. Краткая история криогеники и вакуумной техники. Методы получения (ожижения) криогенных жидкостей. Свойства твердых тел при низких температурах. Основные термодинамические понятия и законы. Режимы откачки. Ламинарный поток. Турбулентный поток.

###### Тема 2. Основы криогенной техники.

Криогенная техника. Свойства жидкого гелия-4 и гелия-3. Получение низких и сверхнизких температур. Термометрия. Первичные и вторичные термометры. Рефрижератор растворения. Puls-tube. Механические и не механические насосы. Основы работы квантовых интерферометров. Основные уравнения физики низких температур.

###### Тема 3. Основы вакуумной техники.

Вакуумная техника и методы получения высокого и сверхвысокого вакуума. Пластинчато-роторный насос. Турбомолекулярный насос. Датчики давления. Ламинарный поток. Турбулентный поток. Режимы откачки. Методы получения форвакуума. Способы измерения вакуума. Манометры. Основные уравнения физики вакуума.

#### 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 №14-55-99бин/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

Основы гелиевого течеискания : методическое пособие - [http://repository.kpfu.ru/?p\\_id=73016](http://repository.kpfu.ru/?p_id=73016)

Современные методы поиска негерметичностей вакуумных и криогенных систем : методическое пособие - [http://repository.kpfu.ru/?p\\_id=73729](http://repository.kpfu.ru/?p_id=73729)

#### **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 планируемому результату 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)**

Bose-Einstein condensation - <http://www.colorado.edu/physics/2000/bec/>

Kurt Lesker company - <http://www.lesker.com/newweb/index.cfm>

Leak detection - [http://www.desy.de/~ahluwali/technicalnotes/2007\\_03.pdf](http://www.desy.de/~ahluwali/technicalnotes/2007_03.pdf)

Nobel Laureates in Physics - [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/)

The temperature of a Vacuum - <http://van.physics.illinois.edu/qa/listing.php?id=1046>

Vacuum Physics and Technology - <http://zumbuhllab.unibas.ch/pdf/talks/MansVacuumNotes.pdf>

Vacuum technology by Pfeiffer - <http://www.pfeiffer-vacuum.com/know-how/container.action>

#### **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 контрольной работе (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>
зачет	<p>Для подготовки к зачету по курсу "Современный физический эксперимент" 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</p>

#### 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.

Специализированная лаборатория.

#### 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 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Информационные процессы и киберфизические системы".

Приложение 2

к рабочей программе дисциплины (модуля)

Б1.В.ДВ.04.01 Вакуумная и криогенная техника для современных квантовых систем

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

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Информационные процессы и киберфизические системы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

**Основная литература:**

1. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. - 13-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022 - Том 1 : Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны. - 2022. - 480 с. - ISBN 978-5-8114-0663-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210377> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Зисман, Г. А. Курс общей физики. В 3 т. : учебное пособие для вузов : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. - 9-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - Том 1 : Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны. - 2021. - 340 с. - ISBN 978-5-8114-7648-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/163406> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 296 с. - ISBN 978-5-00101-825-4. - Текст : электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151595> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Беркин, А. Б. Физические основы вакуумной техники / Беркин А.Б., Василевский А.И. - Новосибирск: НГТУ, 2014. - 84 с. - ISBN 978-5-7782-2424-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/546221> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
5. Шешин, Е. П. Вакуумные технологии: учебное пособие / Е.П. Шешин. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 504 с. - ISBN 978-5-91559-012-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/194315> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

**Дополнительная литература:**

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие для вузов : в 5 томах / И. В. Савельев. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022 - Том 3 : Молекулярная физика и термодинамика. - 2022. - 212 с. - ISBN 978-5-8114-9197-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/187739> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Примеры и задачи по теплообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 256 с. - ISBN 978-5-8114-1132-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206057> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Вакуумная техника : справочник / К. Е. Демихов, Ю. В. Панфилов, Н. К. Никулин, И. В. Автономова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 2009. - 590 с. - ISBN 978-5-94275-436-5. - Текст : электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/723> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Иванов, И. Вакуумный практикум: учебно-методическое пособие / Иванов И. - Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009. - 56 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/553467> (дата обращения: 06.05.2022). - Режим доступа: по подписке.



*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.01 Вакуумная и криогенная техника для современных  
квантовых систем*

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

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Информационные процессы и киберфизические системы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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.