

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной программы

\_\_\_\_\_/ Матиев А. Х.  
от « 12 » 03 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-математического факультета

\_\_\_\_\_/ Кульбужев Б. С.  
от « 14 » 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
**Б1.В.06 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВАКУУМА**

*(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))*

Направление подготовки *(магистратура)*  
**03.04.02. Физика**

Направленность *(профиль подготовки)*  
**Физика полупроводников**

Квалификация выпускника  
**магистр**

Форма обучения - очная

Магас, 2025

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Физические основы вакуума» состоит в том, чтобы ознакомить магистров с физическими основами вакуума, методами его получения и средствами его измерения. Физическая теория выражает связи между физическими явлениями и величинами в математической форме. Поэтому курс «Физические основы вакуума» имеет два аспекта.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

1. основные принципы и способы получения вакуума и законы физики на которых они основаны;
2. что такое низкий, средний и высокий вакуумы, типы вакуумных насосов, а также приборы для измерения вакуума;

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Физические основы вакуума» входит в пакет дисциплин блока Б1.В.ОД.3, формирующих фундаментальное образование магистров по направлению 03.04.02 Физика. Профиль «Физика полупроводников». В табл. 2.1 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Термодинамика конденсированных сред».

Дисциплина «Физические основы вакуума» является основной для изучения дисциплин: «Физики полупроводников», «Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов», «Физика полупроводников», которые читаются параллельно или позже.

В табл. 2.1, 2.2 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «».

Связь дисциплины «Физика» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения	
Таблица 2.1	
Дисциплины, предшествующие дисциплине «Физические основы вакуума»	
1	Вузовский курс физики
2	Вузовский математики

Связь дисциплины «Физические основы вакуума» со смежными дисциплинами	
Таблица 2.2	
Дисциплина	Разделы, знание которых необходимо при изучении дисциплины
Физика конденсированного состояния	Основные постулаты и положения квантовой теории; туннельный эффект; строение атома и связь с периодической системой элементов Менделеева; высокотемпературная сверхпроводимость и простейшие устройства на ее основе

Физика полупроводников	Теоретические основы физики полупроводников, квантовые объяснения всех процессов происходящих в них при внешних воздействиях. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока
Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов. Методы контроля параметров полупроводниковых материалов	Методы экспериментального получения и исследования параметров и характеристик материалов, твердотельной, наноэлектроники. Технология изготовления элементов электронной техники. Основные тенденции развития электронной компонентной базы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВАКУУМА»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Таблица 3.1.			
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
УК-1	Системное и критическое мышление	ИДК <sub>УК1.1</sub> Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<b>Знает</b> содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности; <b>Умеет</b> планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности;
		ИДК <sub>УК1-2</sub> . использует естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.	

продолжение Таблица 3.1.			
Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
ПК-1	Научно-	ИДК <sub>ПК1.1</sub>	

	исследовательская деятельность	самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической и экспериментальной физики; подбирать математический аппарат и самостоятельно решать различные задачи научных исследований, используя стандартные алгоритмы решения; объяснять (выявлять и строить) типичные модели решения поставленной задачи исследования; оценивать изменения в выбранной области исследования в связи с новыми данными, полученными из различных источников	<p><b>Знает</b> основы молекулярной физики; методы и приемы решения прикладных задач по расчету основных параметров вакуумных систем;</p> <p><b>Умеет</b> Получать различные показатели вакуумных систем;</p> <p><b>Владеет</b>  навыками использования вакуумной и криогенной аппаратуры для достижения высокого вакуума, навыками и устранения течей в вакуумных системах.</p>
--	--------------------------------	--	--

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4.1	
Виды учебной работы	Всего час/зач. ед.
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>32/1,4</b>
Лекции (Л)	16/0,9
Практические занятия (ПЗ)	16/0,5
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>85/2,6</b>
Подготовка к практическим занятиям	85/2,6
Контроль самостоятельной работы	2
Вид отчетности	экзамен
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144/4</b>

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1				
РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ В СЕМЕСТРЕ	Лекции, (часы)	Практические занятия (ПЗ), час	СРС единицы (часы)	Всего, час
			3	5
<b>РАЗДЕЛ I. Модуль 1. Физические основы вакуума</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	<b>56</b>

Тема 1.1. Давление и плотность газа Законы идеальных газов. Уравнение состояния идеальных газов. Уравнение состояния реальных газов. Закон распределения молекул газа по скоростям.	6	2	20	28
Тема 1.2. Средняя длина свободного пути. Объём газа, занимаемый молекулами, ударяющихся о поверхность стенки в единицу времени Явления переноса. Внутреннее трение в газах.	6	2	20	28
<b>РАЗДЕЛ II. Модуль 2. Теоретические основы процесса откачки</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>54</b>	<b>48</b>
Тема 2.1. Основные определения вакуумной техники. Сопротивление и проводимость сложного вакуумного трубопровода. Основное уравнение вакуумной техники. Процессы изменения состояния газа в вакуумных системах. Критерии определения границ режимов течения газа в трубопроводе.	6	2	18	16
Тема 2.2. Расчёт длительности откачки при квазистационарном течении газа и постоянных газовой выделении и натекании. Классификация вакуумных насосов. Основные параметры и характеристики вакуумных насосов.	8	4	18	16
Тема 2.3. Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением. Принцип действия Области действия вакуумных насосов. Параметры и характеристики. Рабочие жидкости для насосов. Конструкции насосов. Газобалластное устройство и откачка конденсирующихся паров	8	6	18	16
Итого	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>85</b>	<b>144</b>

## 5.2. Лекционные занятия

Таблица 5.1

№ п/п	Номер лекции	Наименование раздела и темы дисциплины
1	2	3
<b>РАЗДЕЛ I. Модуль 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВАКУУМА</b>		
<b>1</b>	<b>1</b>	Давление и плотность газа
		Законы идеальных газов:
		Закон Бойля – Мариотта
		Закон Гей-Люссака. Закон Шарля Закон Дальтона
<b>2</b>	<b>2</b>	Уравнение состояния идеальных газов
		Уравнение состояния реальных газов
		Закон распределения молекул газа по скоростям
<b>3</b>	<b>3</b>	Средняя длина свободного пути
		Объём газа, занимаемый молекулами, ударяющихся о поверхность стенки в единицу времени
<b>4</b>	<b>4</b>	Явления переноса
		Внутреннее трение в газах
<b>5</b>	<b>5</b>	Диффузия газов.
		Теплопроводность газов
	<b>6</b>	Обзорная лекция
<b>РАЗДЕЛ II. Модуль 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ОТКАЧКИ</b>		
	<b>7</b>	Основные определения вакуумной техники

		Сопротивление и проводимость сложного вакуумного трубопровода
	<b>8</b>	Основное уравнение вакуумной техники
		Процессы изменения состояния газа в вакуумных системах
	<b>9</b>	Критерии определения границ режимов течения газа в трубопроводе
	<b>10</b>	Расчёт длительности откачки при квазистационарном течении газа и постоянных газовыделении и натекании
	<b>11</b>	Расчёт длительности откачки при переменном газовом потоке.
	<b>12</b>	Классификация вакуумных насосов
	<b>13</b>	Основные параметры и характеристики вакуумных насосов
	<b>14</b>	Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением
	<b>15</b>	Принцип действия Области действия вакуумных насосов.
	<b>16</b>	Параметры и характеристики. Рабочие жидкости для насосов
	<b>17</b>	Конструкции насосов. Газобалластное устройство и откачка конденсирующихся паров
		<b>Общее число часов 32</b>

### 5.3 Практические занятия

Таблица 5.2

№ п/п	Номер лекции	Наименование раздела и темы дисциплины
1	2	3
<b>РАЗДЕЛ I. Модуль 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВАКУУМА</b>		
<b>1</b>	<b>1</b>	Давление и плотность газа. Законы идеальных газов: Закон Бойля – Мариотта. Закон Гей-Люссака. Закон Шарля Закон Дальтона. Уравнение состояния идеальных газов. Уравнение состояния реальных газов. Закон распределения молекул газа по скоростям.
<b>2</b>	<b>2</b>	Средняя длина свободного пути. Объём газа, занимаемый молекулами, ударяющихся о поверхность стенки в единицу времени. Явления переноса. Внутреннее трение в газах. Диффузия газов. Теплопроводность газов.
<b>РАЗДЕЛ II. Модуль 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ОТКАЧКИ</b>		
<b>3</b>	<b>3</b>	Основные определения вакуумной техники. Сопротивление и проводимость сложного вакуумного трубопровода. Основное уравнение вакуумной техники
<b>4</b>	<b>4</b>	Процессы изменения состояния газа в вакуумных системах. Критерии определения границ режимов течения газа в трубопроводе.
<b>5</b>	<b>5</b>	Расчёт длительности откачки при квазистационарном течении газа и постоянных газовыделении и натекании
<b>6</b>	<b>6</b>	Расчёт длительности откачки при переменном газовом потоке. Классификация вакуумных насосов Основные параметры и характеристики вакуумных насосов Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением
<b>7</b>	<b>7</b>	Принцип действия Области действия вакуумных насосов. Параметры и характеристики. Рабочие жидкости для насосов
<b>8</b>	<b>8</b>	Конструкции насосов. Газобалластное устройство и откачка конденси-

		рующихся паров
		<b>Общее число часов 16</b>

## 6. Образовательные технологии

А.Х. Матиев Физические основы вакуума. Курс лекций. Учебное пособие. Магас. -2021.  
133 <https://disk.yandex.ru/i/UEbM6FbsaoTnjA>

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Некоторые темы выносятся на самостоятельное изучение. Изучение этих вопросов возможно с использованием электронный курс дисциплины, написанного самим автором (А.Х Матиев).

Перечень тем, выносимый для самостоятельной работы представлен в таблице 7.1.

### 7.1. План самостоятельной работы студентов

Таблица 7.1					
№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Сопротивление и проводимость сложного вакуумного трубопровода Основное уравнение вакуумной техники	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
2	Критерии определения границ режимов течения газа в трубопроводе Процессы изменения состояния газа в вакуумных системах	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
3	Расчёт длительности откачки при квазистационарном течении газа и постоянных газовыделении и натекании	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
3	Расчёт длительности откачки при переменном газовом потоке Классификация вакуумных насосов Основные параметры и характеристики вакуумных насосов	Н Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4

## 7.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студент, используя электронное учебное пособие, а также вузовский учебник по Молекулярной физике и термодинамике изучает данный материал и составляет конспект конспекты в домашних условиях.

### 7.3. Контроль освоения компетенций

Таблица 7.2			
№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ 1. Модуль 1. Физические основы вакуума	УК1, ОПК-1, ПК-1
2	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ II. Модуль 2. Теоретические основы процесса откачки	УК1, ОПК-1, ПК-1

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 8.1. Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет

1. Давление и плотность газа
2. Закон Бойля – Мариотта. Закон Гей-Люссака. Закон Шарля. Закон Дальтона.
3. Уравнение состояния идеальных газов.
4. Уравнение состояния реальных газов
5. Закон распределения молекул газа по скоростям
6. Средняя длина свободного пути. Объём газа, занимаемый молекулами, ударяющихся о поверхность стенки в единицу времени
7. Явления переноса
8. Основные определения вакуумной техники. Сопротивление и проводимость сложного вакуумного трубопровода.
9. Основное уравнение вакуумной техники.
10. Процессы изменения состояния газа в вакуумных системах. Критерии определения границ режимов течения газа в трубопроводе.
11. Расчёт длительности откачки при квазистационарном течении газа и постоянных газовыделении и натекании.
12. Расчёт длительности откачки при переменном газовом потоке
13. Классификация вакуумных насосов. Основные параметры и характеристики вакуумных насосов.
14. Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением. Принцип действия области действия вакуумных насосов. Параметры и характеристики.
15. Рабочие жидкости для насосов.
16. Конструкции насосов.
17. Газобалластное устройство и откачка конденсирующихся паров.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Методические рекомендации студентам



«Физические основы вакуума», многодисциплинарную и довольно сложную область знаний. Поэтому, чтобы донести материал до студента, необходимо уделять особое внимание систематичности, наглядности и доступности изложения. В настоящее время фактически существует мало учебников и пособий по данной дисциплине. Поэтому основная нагрузка ложится на лекции. Для изучения студентами данного курса в принципе достаточно знание основ молекулярной физики, термодинамики, основных начал статистической физики и основ высшей математики.

Для дополнительного изучения и самостоятельной работы предлагается использовать рекомендуемую литературу.

## **VI. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература**

1. Л.Н. Розанов. Вакуумная техника.-М.: Высшая школа, 1990.
2. *Грошковский Я.* Техника высокого вакуума. — М.: Мир, 2009.
3. А.Х. Матиев Физические основы вакуума. Курс лекций. Учебное пособие. Магас. - 2021. 133 с. <https://disk.yandex.ru/i/UEbM6FbsaoTnjA>

### **Дополнительная литература**

1. А.Н. Матвеев. Курс общей физики «Молекулярная физика» Издательство «Наука», М., 2012 .

Рабочая программа дисциплины «Физические основы вакуума» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (магистратура) 03.04.02. Физика. Направленность (*профиль подготовки Физика полупроводников*), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» 08 2021 г. № 914.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»  
Протокол № 8 от « 11 » марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета  
Протокол № 7 от « 13 » марта 2025 года