

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 13.09.2023 12:49:31

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Высоковакуумное оборудование в технологии нано- и микросистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет 2

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	25	25	25	25
Практические	26	26	26	26
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*ктн, Доцент, Сергиенко Андрей Алексеевич; ктн, Доцент, Курочка Александр Сергеевич*

Рабочая программа

**Высоковакуумное оборудование в технологии нано- и микросистем**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-23-1.plx Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра технологии материалов электроники**

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин В. Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель – подготовить выпускников к научно-исследовательской деятельности, связанной с изучением физических явлений и закономерностей в условиях высокого вакуума, методов и оборудования для получения и обеспечения высокого вакуума в технологических процессах, методов измерения высокого вакуума.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.3	Методы математического моделирования	
2.1.4	Микро- и наносистемы в технике и технологии	
2.1.5	Микропроцессорные и микроконтроллерные системы. Часть 1	
2.1.6	Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур	
2.1.7	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах. Часть 1	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники	
2.2.2	Металлуглеродные композиционные наноматериалы	
2.2.3	Методы синтеза углеродных наноматериалов	
2.2.4	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии	
2.2.5	Приборы и устройства магнитоэлектроники	
2.2.6	Процессы получения наночастиц и наноматериалов	
2.2.7	Электреты, мультиферроики, магнитоэлектрические явления	
2.2.8	Эпионная технология в микро- и нанoиндустрии	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Преддипломная практика	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31 современные методы анализа зависимости свойств полупроводниковых гетерокомпозиций от их фазового и стехиометрического состава, поведения примесей и структурных дефектов	
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-33 базовые технологические процессы и маршруты нанoeлектроники	
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-32 базовые технологические процессы нанoeлектроники	
ПК-2-31 технический английский язык	
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-1-31 основы управления производством	
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 технический английский язык	
ПК-1-32 основы физики наноразмерных пленок	

<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 определять экономическую целесообразность внедрения новых технологий и процессов
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У3 разрабатывать технологические рецепты для технологического оборудования
ПК-2-У6 измерять электрофизические параметры технологических процессов
ПК-2-У5 разрабатывать элементарную базу изделия (операционные, маршрутные и контрольные карты)
ПК-2-У4 разрабатывать операционные карты
ПК-2-У2 работать на технологическом оборудовании (выполнять все действия, которые делает оператор)
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У2 измерять электрофизические параметры формируемых слоёв и изделий
<b>ОПК-1: Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей, применять в профессиональной деятельности знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Решать стандартные задачи профессиональной деятельности и обосновывать применение необходимого метода получения высокого вакуума
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 разрабатывать технологические маршруты изготовления приборов и устройств электроники и микроэлектроники
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 проводить стандартные испытания и технический контроль изделий электронной техники
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У3 проводить анализ и определять причины отклонения параметров
<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные работы и осваивать новые технологические процессы</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 разработка новых технологических процессов
ПК-3-В2 обоснование экономической целесообразности их внедрения
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 расчет режимов выполнения технологических операций
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 методами проектирования технологических процессов электроники и микроэлектроники
<b>ПК-2: Способность оптимизировать параметры технологических операций</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В3 корректировка технологических режимов по результатам тестирования (при необходимости)
ПК-2-В2 тестирование экспериментального образца изделия

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ								
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Физические явления в газах в условиях высокого вакуума</b>							
1.1	Вязкость, теплопроводность, диффузия и температурное равновесие в условиях высокого вакуума. Молекулярный режим течения газа. Проводимость трубопроводов при высоком вакууме. /Лек/	2	13	ПК-2-32 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			
1.2	Определение необходимой скорости действия вакуумного насоса. /Пр/	2	13	ОПК-1-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У6 ПК-2-В1 ПК-2-В3 ПК-3-У1 ПК-3-В2 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			
1.3	Физические явления в газах в условиях высокого вакуума. /Ср/	2	8	ПК-2-32 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			
	<b>Раздел 2. Техника получения высокого вакуума</b>							
2.1	Методы получения высокого вакуума. Типы высоковакуумных насосов и ловушек. /Лек/	2	4	ПК-2-32 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.2	Определение суммарного газовыделения и натекания /Пр/	2	4	ОПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У6 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-1-У1 ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			
2.3	Техника получения высокого вакуума. Тестовые вопросы и задания. /Ср/	2	11	УК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			
	<b>Раздел 3. Методы измерения давлений и течения в условиях высокого вакуума</b>							
3.1	Методы измерения общих давлений. Типы высоковакуумных преобразователей. Методы и приборы для измерения парциальных давлений в условиях высокого вакуума. Методы течения. /Лек/	2	4	ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2			

3.2	Расчет времени откачки высоковакуумной камеры. /Пр/	2	4	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У6 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2				
3.3	Методы измерения давлений и течения в условиях высокого вакуума. Контрольная работа. /Ср/	2	18	УК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2				
<b>Раздел 4. Требования, предъявляемые к высоковакуумным системам. Типы высоковакуумных систем.</b>									
4.1	Требования, предъявляемые к высоковакуумным системам. Типы высоковакуумных систем. /Лек/	2	4	УК-1-31 ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2				
4.2	Расчет вакуумной системы. /Пр/	2	5	ОПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-У5 ПК-2-У6 ПК-2-В1 ПК-2-В2 ПК-2-В3 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-3-В2 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2				
4.3	Требования, предъявляемые к высоковакуумным системам. Типы высоковакуумных систем. Реферат. /Ср/	2	20	УК-1-31 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2				

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №1	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>Чем определяется максимальная теоретическая быстрота откачки вакуумных насосов и как она зависит от давления газа?</p> <p>Почему все газы и пары в вакуумной технике рассматриваются как идеальные?</p> <p>Почему коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности газов при высоком вакууме зависят от давления?</p> <p>Какие наиболее эффективные способы передачи тепла в областях низкого и высокого вакуума?</p> <p>Как зависит коэффициент диффузии газов от давления в областях низкого и высокого вакуума?</p> <p>Как при различных степенях вакуума изменяется равновесное давление по длине вакуумной системы, имеющей участки с различной температурой?</p> <p>В чем состоит физический смысл понятия проводимости элемента вакуумной системы, какова зависимость проводимости от давления при различных режимах течения газа?</p> <p>Как характер распределения давления по длине трубопровода зависит от режима течения газа?</p> <p>Как определить оптимальное значение коэффициента использования вакуумных насосов?</p>
КМ2	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №2	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>В чем состоит физический смысл понятий давления и температуры газа?</p> <p>Чем определяется максимальная теоретическая быстрота откачки вакуумных насосов и как она зависит от давления газа?</p> <p>Почему все газы и пары в вакуумной технике рассматриваются как идеальные?</p> <p>Какие единицы измерения давления применяются в вакуумной технике?</p> <p>В чем различие между основными степенями вакуума?</p> <p>В чем заключается принцип действия молекулярных насосов?</p> <p>Как влияет род откачиваемого газа на быстроту действия турбомолекулярного насоса?</p> <p>В чем состоит различие между эжекторными и диффузионными пароструйными насосами?</p> <p>Для чего применяются фракционирующие устройства в пароструйных насосах?</p> <p>Чем вызвана зависимость чувствительности от рода газа у электронных и магнитных преобразователей?</p> <p>В чем состоит различие между статическими и динамическими газоанализаторами?</p>
КМ3	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №3	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>В чем состоит физический смысл понятий давления и температуры газа?</p> <p>Чем определяется максимальная теоретическая быстрота откачки вакуумных насосов и как она зависит от давления газа?</p> <p>Почему все газы и пары в вакуумной технике рассматриваются как идеальные?</p> <p>Какие единицы измерения давления применяются в вакуумной технике?</p> <p>В чем различие между основными степенями вакуума?</p> <p>Почему тепловые манометры не используются для измерения высокого вакуума?</p> <p>Каковы причины различия чувствительностей схем электронного преобразователя с внешним и внутренним коллектором?</p> <p>Что является причиной возникновения фоновых токов в электронном преобразователе?</p> <p>Какие существуют пути повышения чувствительности электронных преобразователей?</p> <p>Как уменьшить время зажигания магнитного преобразователя?</p> <p>Как происходит разделение ионов по массам в квадрупольном газоанализаторе?</p> <p>Почему ионизационные газоанализаторы не могут работать при давлениях 1-105 Па?</p>

КМ4	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №4	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>В чем состоит физический смысл понятий давления и температуры газа?</p> <p>Чем определяется максимальная теоретическая быстрота откачки вакуумных насосов и как она зависит от давления газа?</p> <p>Почему все газы и пары в вакуумной технике рассматриваются как идеальные?</p> <p>Какие единицы измерения давления применяются в вакуумной технике?</p> <p>В чем различие между основными степенями вакуума?</p> <p>В чем заключается принцип действия молекулярных насосов?</p> <p>Как влияет род откачиваемого газа на быстроту действия турбомолекулярного насоса?</p> <p>В чем состоит различие между эжекторными и диффузионными пароструйными насосами?</p> <p>Для чего применяются фракционирующие устройства в пароструйных насосах?</p> <p>Почему тепловые манометры не используются для измерения высокого вакуума?</p> <p>Как увеличить быстроту действия магниторазрядных насосов при откачке инертных газов?</p> <p>В чем заключается саморегулирование скорости распыления активного материала в ионно-сорбционных насосах?</p> <p>Чем вызвано ухудшение характеристик криоконденсационного насоса по мере увеличения количества откачанного газа?</p> <p>С чем связано наличие оптимальной скорости транспортирования адсорбента в криоадсорбционных насосах?</p>
-----	---	---	---



KM5	Тест	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>Средняя длина свободного пути молекул газа вдвое превышает диаметр сосуда. Какова степень разрежения в сосуде?</p> <p>Какова зависимость коэффициента динамической вязкости от давления в области высокого вакуума?</p> <p>При каком давлении газа теплопроводность газа не зависит от его давления?</p> <p>Укажите интервал давлений, в наилучшей степени соответствующий рабочему диапазону давлений турбомолекулярного насоса:</p> <p>В основе откачивающего действия адсорбционных насосов лежит следующее:</p> <p>Назовите процесс, лежащий в основе откачивающего действия испарительного геттерного насоса.</p> <p>Укажите диапазон работы титанового испарительного геттерного насоса.</p> <p>Откачивающее действие ионно-геттерного насоса основано на сочетании следующих явлений.</p> <p>Лучшая откачка в ионно-геттерных насосах орбитронного типа достигается:</p> <p>Какие явления лежат в основе откачивающего действия магнитных электроразрядных насосов?</p> <p>Назовите материал, используемый для изготовления катода магнитного электроразрядного насоса:</p> <p>Какое давление может быть достигнуто при откачке сосуда магнитным электроразрядным насосом?</p> <p>При каком максимальном давлении допускается включение магнитного электроразрядного насоса?</p> <p>Какие из приведенных жидкостей относятся к криогенным?</p> <p>С помощью какого насоса можно достичь самого высокого вакуума?</p> <p>На каком принципе основана работа ионизационного манометра?</p> <p>Что является источником фототока при работе ионизационного манометра в области сверхвысокого вакуума?</p> <p>Укажите диапазоны давления, в которых можно проводить измерения магнитным электроразрядным манометром:</p> <p>Какой манометр применяют в манометрическом методе течеискания в условиях высокого вакуума?</p> <p>Как изменится показание ионизационного манометра в манометрическом методе течеискания, если в него через течь попадут пары ацетона?</p> <p>Какова предельная чувствительность масс-спектрометрического течеискателя?</p> <p>Какие вакуумные системы обеспечивают более высокий вакуум?</p> <p>Из какого материала изготавливают рабочую камеру высоковакуумных установок для нанесения тонких пленок?</p> <p>Назовите общий признак турбомолекулярного, геттерно-ионного, магнитного электроразрядного насосов:</p> <p>Для уплотнения электрического вакуумного ввода в высоковакуумной системе применяют:</p> <p>Укажите температуру обезгаживания высоковакуумной коммутационной аппаратуры:</p> <p>Укажите основной материал для уплотнителей в высоковакуумных системах:</p> <p>Какой ввод движения в откачиваемый сосуд обеспечивает сохранение более высокого вакуума?</p>
-----	------	---	--

КМ6	Контрольная работа №1	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>Расстояние между нагретой и холодной поверхностями 10мм, давление воздуха 105 Па. Как изменится коэффициент теплопроводности воздуха, если давление снизится до <math>5 \cdot 10^4</math> Па. Как изменится коэффициент теплопроводности газа между поверхностями, указанными в предыдущей задаче, если давление газа повысится от <math>1,333 \cdot 10^{-2}</math> до <math>4 \cdot 10^{-2}</math> Па.</p> <p>Определить разрешающую способность омегатрона в области 44 массового числа (<math>CO_2</math>), если известно, что для <math>M=20</math> разрешающая способность прибора равна 20.</p> <p>Испытуемый сосуд заполнен смесью хладона с воздухом с концентрацией фреона 0,5. Чему равна минимально определяемая течь, если давление смеси составляет <math>3 \cdot 10^5</math> Па.</p> <p>Рассчитать проводимость по воздуху электромагнитного клапана с размером проходного сечения ДУ-32 (<math>d_{вн} = 32</math> мм) и длиной 120 мм при среднем давлении 7,04 Па.</p> <p>Определить проводимость трубопровода по воздуху при 293 К диаметром <math>d = 40</math> мм = <math>4 \cdot 10^{-2}</math> м и длиной 1 м при давлениях на концах трубопровода <math>p_1 = 2003</math> Па и <math>p_2 = 2000</math> Па.</p> <p>Проверить согласование высоковакуумного насоса Н-250/2500 (<math>p_{наиб} = 13,3</math> Па) и механического вакуумного насоса 2НВР- 5Д, соединенных последовательно при наибольшем потоке поступающих в высоковакуумный насос газов, равном <math>2,82 \cdot 10^{-2}</math> м<sup>3</sup>Па/с. Электромагнитный клапан (ДУ-32; <math>l = 120</math>мм). Трубопровод (<math>d_{вн} = 32</math> мм; <math>l_{общ} = 80</math> см).</p> <p>Рассчитать вакуумную систему и определить типы низковакуумного и высоковакуумного насосов. Диаметр рабочей камеры составляет <math>D</math> см, высота – <math>H</math> см. Длина низковакуумного трубопровода – <math>l_1</math> м, количество изгибов – <math>i_1</math>, длина высоковакуумного трубопровода составляет <math>l_2</math> м, количество изгибов – <math>i_2</math>. Суммарное газовыделение со стенок рабочей камеры составляет значение - <math>Q'_{i}</math> м<sup>3</sup>Па/с, суммарное натекание - <math>Q'_{н}</math> м<sup>3</sup>Па/с. Рабочее давление Рост Па. Выбрать типы низковакуумного и высоковакуумного насосов, определить время откачки. Параметры <math>D</math>, <math>H</math>, <math>l_1</math>, <math>i_1</math>, <math>l_2</math>, <math>i_2</math>, <math>Q'_{i}</math>, <math>Q'_{н}</math>, Рост представлены в таблице для вариантов.</p>
КМ7	Реферат	УК-1-31;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-3-31	<p>Общие сведения о вакуумных насосах;</p> <p>Эжекторные насосы;</p> <p>Струйные насосы;</p> <p>Турбомолекулярные насосы;</p> <p>Адсорбционные насосы;</p> <p>Испарительные геттерные насосы;</p> <p>Электродуговые геттерные насосы;</p> <p>Ионно-геттерные насосы;</p> <p>Магнитные электроразрядные насосы;</p> <p>Конденсационные насосы;</p> <p>Криосорбционные насосы;</p> <p>Электронные ионизационные вакуумметры;</p> <p>Магнитные электроразрядные вакуумметры;</p> <p>Статистические масс-спектрометры с разделением ионов в магнитном поле;</p> <p>Времяпролетный масс-спектрометр (хронотрон);</p> <p>Квадрупольный и монополярный масс-спектрометры (электрические фильтры масс);</p> <p>Герметичность и методы течеискания вакуумных систем;</p> <p>Галогенный течеискатель;</p> <p>Масс-спектрометрический течеискатель;</p> <p>Принципы построения вакуумных систем;</p> <p>Коммутационная аппаратура;</p> <p>Конструкционные материалы;</p> <p>Режимы течения газов и проводимость вакуумных трубопроводов;</p> <p>Вакуумная система установки молекулярно-пучковой эпитаксии;</p> <p>Описание вакуумной системы установки Нанофаб.</p>

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	Практическая работа №1	ПК-1-У3;ПК-2-У2;ПК-2-У6;ПК-2-В1;ПК-2-В3;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ОПК-1-У1	Определение необходимой быстроты действия вакуумного насоса
P2	Практическая работа №2	ПК-1-У1;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У6;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-3-В2;ОПК-1-У1	Определение суммарного газовыделения и натекания
P3	Практическая работа №3	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У6;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Расчет времени откачки высоковакуумной камеры
P4	Практическая работа №4	ОПК-1-У1;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У3;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-У6;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ПК-2-В3;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Расчет вакуумной системы

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен состоит из двух теоретических вопросов и одной типовой задачи.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Хабляян М. Х., Саксаганский Г. Л., Бурмистров А. В.	Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016
Л1.2	Соколов И. А.	Расчеты процессов полупроводниковой технологии: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1994

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Кожитов Л. В., Зарапин А. Ю., Чиченев Н. А.	Технологическое вакуумное оборудование. В 2-х ч. Ч.2. Расчет и проектирование вакуумного технологического оборудования: Учебник для студ. напр.651600, спец. 170300	Библиотека МИСиС	М.: Руда и металлы, 2002
Л1.4	Кожитов Л. В., Зарапин А. Ю., Чиченев Н. А.	Технологическое вакуумное оборудование: В 2-х ч.: Ч.1.: Вакуумные системы технологического оборудования: Учебник для студ. напр. 651600 - Технол. машины и оборудование, спец. 170300 - Metallurg. машины и оборудование	Библиотека МИСиС	М.: Руда и металлы, 2001

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Панфилович К. Б., Бударин П. И., Садыков А. Х.	Физические основы вакуумной техники: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2008

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Григорович С. Л., Кузнецов Г. Д., Курочка С. П., др., Кузнецов Г. Д.	Методики определения параметров вакуумных систем: Лаб. практикум для студ. спец. 200100 и направл. 550700	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002
Л3.2	Кузнецов Г. Д., Курочка С. П., Лобачев И. В.	Вакуумная и плазменная электроника: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2005

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При конспектировании лекций в конспект следует заносить всё, что рекомендует преподаватель. Изучение и отработка прослушанных лекций без промедления значительно экономит время и способствует лучшему усвоению материала. Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой.