

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

  
В.М. Иевлев  
*подпись, расшифровка подписи*

25.06.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.03.01 Вакуумные технологии синтеза материалов**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** материаловедение и индустрия наносистем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Сербин Олег Викторович, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** Научно-методический совет химического факультета протокол № 5 от 17.06.2021

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

---

**8. Учебный год:** 2022-2023

**Семестр(ы):** 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Цель: является изучение научных основ вакуумной техники, физических явлений происходящих в вакууме, устройства и действия откачных, измерительных и коммутационных устройств, методов расчетов для проектирования вакуумной техники.*

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПК-2.1	Способен выбирать методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей	<b>знать:</b> физические основы современной вакуумной техники; принцип действия и устройство откачных средств и аппаратуры для измерения вакуума. <b>уметь:</b> разрабатывать вакуумную часть специального нестандартного технологического оборудования, производить расчет газовых потоков и основных технических характеристик вакуумных систем <b>владеть:</b> методами расчета и проектирования вакуумного оборудования.
		ПК-2.2	Способен использовать знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач	<b>знать:</b> методологию эксплуатации и приемы работы с вакуумной техникой; методы расчета и проектирования вакуумно-технологического оборудования электронной промышленности. <b>уметь:</b> конструирование и расчет вакуумной коммутационной и вспомогательной аппаратуры. <b>владеть:</b> методами расчета и проектирования вакуумного оборудования..

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 5/180

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			№ семестра 2	№ семестра 3
Контактная работа		100	100	
в том числе:	лекции	50	50	
	практические	50	50	
	лабораторные			
	курсовая работа			
Самостоятельная работа		80	80	

Промежуточная аттестация				
Итого:	180		180	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные определения и понятия вакуумной техники.	<p>Основные определения и понятия вакуумной техники. Применение вакуума.</p> <p>Понятие о вакууме и давлении. Давление газа. Законы идеальных газов. Единицы давления</p> <p>Понятие о процессе откачки вакуумной системы. Быстрота откачки объекта. Быстрота откачивающего действия насоса</p> <p>Поток газа. Основное уравнение вакуумной техники</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025">https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025</a>
1.2	Методы и оборудование для получения вакуума	<p>Классификация вакуумных насосов.</p> <p>Основные параметры насосов. Объемная откачка. Предельное давление объемной откачки</p> <p>Механические насосы. Вращательные масляные насосы. Пластинчатороторные насосы.</p> <p>Механические насосы. Вращательные масляные насосы. Пластинчатостаторные насосы</p> <p>Золотниковые (плунжерные) насосы.</p> <p>Принцип газобалласта.</p> <p>Масло для вращательных насосов.</p> <p>Основные параметры насосов. Быстрота действия. Метод постоянного объема. Устройство для определения быстроты действия насоса. Метод постоянного давления.</p> <p>Многопластинчатые насосы.</p> <p>Молекулярная откачка. Внутреннее трение газа</p> <p>Молекулярные насосы. Пароструйные насосы</p> <p>Диффузионные насосы. Свойства рабочих жидкостей диффузионных насосов.</p> <p>Параметры пароструйных насосов. Определение скорости откачки пароструйных насосов.</p> <p>Ионные насосы.</p> <p>Насосы, использующие физикохимическое связывание газов.</p> <p>Поглощение и выделение газов твердыми телами.</p> <p>Факторы, способствующие поглощению газов твердым телом. Поглощение газов материалами.</p> <p>Обезгаживание</p> <p>Насосы, работающие на физикохимическом связывании газов. Ионносорбционный насос.</p> <p>Магниторазрядные насосы.</p> <p>Адсорбционные насосы.</p> <p>Криогенные насосы (конденсационные).</p> <p>Турбомолекулярные насосы.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025">https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025</a>
1.3	Методы и приборы для измерения давления в вакуумных системах	<p>Приборы для измерения полного давления разреженного газа (манометры). Деформационные манометры.</p> <p>Приборы для измерения полного давления разреженного газа (манометры). Мембранные манометры.</p> <p>Тепловые манометры. Теплопроводность газа</p> <p>Манометры сопротивления.</p> <p>Термопарные манометры.</p> <p>Электронные ионизационные манометры.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025">https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025</a>

		Магнитные электроразрядные манометры	
		Контроль состава остаточной атмосферы. Масс-спектрометры	
1.4	Течискание. Процесс откачки. Методы улучшения вакуума	Течискание. Методы течискания Откачные вакуумные системы. Процесс откачки. Ловушки	<a href="https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025">https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Проектный расчет вакуумных систем	Расчет вакуумных систем. Проектный расчет.	<a href="https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025">https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025</a>
2.2	Поверочный расчет высоковакуумных систем	Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет суммарного потока газов.	<a href="https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025">https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&amp;course=7025</a>
		Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет проводимости высоковакуумной системы.	
		Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет эффективной быстроты откачки и давления в рабочей камере.	
		Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет времени предварительной откачки.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	<i>Основные определения и понятия вакуумной техники.</i>	4			20	24
2	<i>Методы и оборудование для получения вакуума</i>	10			20	30
3	<i>Методы и приборы для измерения давления в вакуумных системах</i>	10			10	20
4	<i>Течискание. Процесс откачки. Методы улучшения вакуума</i>	6			10	16
5	<i>Проектный расчет вакуумных систем</i>	10	20		10	40
6	<i>Поверочный расчет высоковакуумных систем</i>	10	30		10	50
	Итого:	50	50		80	180

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины, необходимо

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- Работа с ЭУМК <https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&course=7025>

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дэшман, С. Научные основы вакуумной техники / С. Дэшман ; Пер. с англ. под ред. М.И. Меньшикова .— М. : Мир, 1964 .— 715 с.
2	Розанов Л.Н. Вакуумная техника : Учебник для студ.вузов, обучающихся по спец."Электронное машиностроение" / Л. Н. Розанов .— 2-е изд. перераб. и доп. — М. : Высш.шк., 1990 .— 319 с

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

3.	Королев, Б. И.. Основы вакуумной техники / Б. И. Королев .— 5-е изд., перераб. — М. ; Л. : Энергия, 1964
4.	Грошковский, Я. Техника высокого вакуума / Я. Грошковский ; Пер. с пол. В.Л. Булата и Э.Л. Булата; с прил. Э.М. Рейхруделя и Г.В. Смирницкой .— М. : Мир, 1975 .— 622 с
5.	Кучеренко Е. Т. Справочник по физическим основам вакуумной техники / Е. Т. Кучеренко .— Киев : Вища школа : Изд-во при Киев. ун-те, 1981 .— 263 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
2.	Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet, <a href="http://www.chem.msu.ru/rus/">http://www.chem.msu.ru/rus/</a>
3.	Образовательный ресурс по материаловедению – <a href="http://www.materialscience.ru/lectures.htm">http://www.materialscience.ru/lectures.htm</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Попов.А. Н. Вакуумная техника : [учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техн. специальностям] / А.Н. Попов .— Москва ; Минск : ИНФРА-М : Новое знание, 2012 .— 165 с

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Проведение текущей аттестации и самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины. • Работа с ЭУМК <https://edu.vsu.ru/user/view.php?id=71114&course=7025>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

мультимедийный проектор , экран, ноутбук, диффузионный вакуумный насос, пластинчато-роторный вакуумный насос, спиральный безмасляный насос, вакуумметры, вакуумная установка

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	<i>Основные определения и понятия вакуумной техники.</i>	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
2	<i>Методы и оборудование для получения вакуума</i>	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
3	<i>Методы и приборы для измерения</i>	ПК2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	<i>давления в вакуумных системах</i>			
4	<i>Течискание. Процесс откачки. Методы улучшения вакуума</i>	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
5	<i>Проектный расчет вакуумных систем</i>	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
6				
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Комплект КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- 1) Основные определения и понятия вакуумной техники. Применение вакуума.
- 2) Понятие о вакууме и давлении. Давление газа. Законы идеальных газов. Единицы давления
- 3) Понятие о процессе откачки вакуумной системы. Быстрота откачки объекта. Быстрота откачивающего действия насоса
- 4) Поток газа. Основное уравнение вакуумной техники
- 5) Классификация вакуумных насосов.
- 6) Основные параметры насосов. Объемная откачка. Предельное давление объемной откачки
- 7) Механические насосы. Вращательные масляные насосы. Пластинчатороторные насосы.
- 8) Механические насосы. Вращательные масляные насосы. Пластинчатостаторные насосы
- 9) Золотниковые (плунжерные) насосы.
- 10) Принцип газобалласта.
- 11) Масло для вращательных насосов.
- 12) Основные параметры насосов. Быстрота действия. Метод постоянного объема. Устройство для определения быстроты действия насоса. Метод постоянного давления.
- 13) Многопластинчатые насосы.
- 14) Молекулярная откачка. Внутреннее трение газа
- 15) Молекулярные насосы. Пароструйные насосы
- 16) Диффузионные насосы. Свойства рабочих жидкостей диффузионных насосов.
- 17) Параметры пароструйных насосов. Определение скорости откачки пароструйных насосов.
- 18) Ионные насосы.
- 19) Насосы, использующие физикохимическое связывание газов.
- 20) Поглощение и выделение газов твердыми телами.
- 21) Факторы, способствующие поглощению газов твердым телом. Поглощение газов материалами. Обезгаживание

- 22) Насосы, работающие на физикохимическом связывании газов. Ионносорбционный насос.
- 23) Магниторазрядные насосы.
- 24) Адсорбционные насосы.
- 25) Криогенные насосы (конденсационные).
- 26) Турбомолекулярные насосы.
- 27) Приборы для измерения полного давления разреженного газа (манометры). Деформационные манометры.
- 28) Приборы для измерения полного давления разреженного газа (манометры). Мембранные манометры.
- 29) Тепловые манометры. Теплопроводность газа
- 30) Манометры сопротивления.
- 31) Термопарные манометры.
- 32) Электронные ионизационные манометры.
- 33) Магнитные электроразрядные манометры
- 34) Контроль состава остаточной атмосферы. Масс-спектрометры
- 35) Течеискание. Методы течеискания
- 36) Откачные вакуумные системы. Процесс откачки.
- 37) Ловушки.
- 38) Расчет вакуумных систем. Проектный расчет.
- 39) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет суммарного потока газов. Пример расчета.
- 40) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет проводимости высоковакуумной системы. Пример расчета.
- 41) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет эффективной скорости откачки и давления в рабочей камере. Пример расчета.
- 42) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет времени предварительной откачки. Пример расчета.

#### Перечень практических заданий

- 1) Расчет вакуумных систем. Проектный расчет.
- 2) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет суммарного потока газов. Пример расчета.
- 3) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет проводимости высоковакуумной системы. Пример расчета.
- 4) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет эффективной скорости откачки и давления в рабочей камере. Пример расчета.
- 5) Расчет вакуумных систем. Поверочный расчет. Расчет времени предварительной откачки. Пример расчета.

Описание технологии проведения.

После получения студентом билета КИМ и бланка листа ответа, самостоятельно выполняются задания КИМ в письменной форме. Время подготовки 40 минут.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания. Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для решения практических задач в области вакуумной техники.	Повышенный уровень	Отлично

Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает отдельные ошибки при решении практических задач в области вакуумной техники.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен решать практические задачи в области вакуумной техники.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно