

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 11.09.2023 16:40:18
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
« 24 » декабря 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
ВАКУУМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология
Направленность программы бакалавриата
Химическая технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		профессор А.А. Малыгин

Рабочая программа дисциплины дисциплины «Вакуумное оборудование в производстве электронной техники» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от 15.12.2020 № 4

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 17.12.2020 № 4

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	09
4.4.1. Семинары, практические занятия	09
4.4.2. Лабораторные занятия	09
4.5. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	14
10.1. Информационные технологии	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	15
Приложение: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	16

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-1 Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p>ПК-1.1 Эксплуатация вакуумного технологического оборудования</p>	<p>Знать: - принципы действия различных видов вакуумного оборудования (ЗН-1). - основные характеристики вакуумных насосов и вакуумных систем (ЗН-2). Уметь оценивать основные характеристики вакуумных насосов (У-1). Владеть: - методами подготовки к запуску вакуумных насосов (Н-1).</p>
<p>ПК-2 Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p>ПК-2.1 Осуществление контроля работоспособности и испытания вакуумного технологического оборудования</p>	<p>Знать: - основное уравнение вакуумной техники и следствия из него (ЗН-3). - возможности различных приборов для отыскания течей и измерения давления в вакуумной системе (ЗН-4). Уметь: - осуществлять подбор приборов для оценки характеристик вакуумного оборудования (У-2). Владеть: - приборами для измерения вакуума (Н-2). - методиками для отыскания течей в вакуумной системе (Н-3).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вакуумное оборудование в производстве электронной техники» относится к части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03) и изучается на третьем году обучения в 5 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов физики, метрологии, стандартизации и сертификации.

Полученные в процессе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе студента бакалавриата, а также при выполнении ВКР по тематике, связанной с разработкой и инновационным внедрением наукоемких процессов, материалов и технологий, созданием наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	4/ 144
Контактная работа с преподавателем:	60
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36 (36)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	57
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации	Экзамен (27)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Вводная лекция	2				ПК-2
2	Понятие вакуума	2	4		6	ПК-2
3	Классификация вакуумных насосов и основные характеристики вакуумных систем	2	6		10	ПК-1
4	Объемная откачка	2	3		2	ПК-1
5	Молекулярная откачка	2	4		2	ПК-1
6	Струйная откачка	2	3		6	ПК-1
7	Физико-химические принципы откачки и газопоглощающие насосы	2	4		10	ПК-1
8	Вакуумметрические приборы	2	6		10	ПК-2
9	Вакуумные системы	2	6		11	ПК-1; ПК-2
ИТОГО		18	36	-	57	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.1	Классификация вакуумных насосов и основные характеристики вакуумных систем Объемная откачка Молекулярная откачка Струйная откачка Физико-химические принципы откачки и газопоглощающие насосы Вакуумные системы
2	ПК-2.1	Вводная лекция Понятие вакуума Вакуумметрические приборы Вакуумные системы

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Вводная лекция. Основные задачи дисциплины и ее содержание, этапы развития вакуумной техники. Основные виды технологий в электронике и наноэлектронике, использующие вакуумные процессы и оборудование.	2	Лекция-беседа
2	Понятие вакуума. Основные постулаты в физике вакуума, основные молекулярно-кинетические представления применительно к вакуумной технике. Понятие вакуума и его виды, давление и плотность газа, единицы измерения. Течение газа по трубопроводу (вязкостный и молекулярный режимы, закон Кнудсена и т.д.). Физический смысл степеней вакуума: низкий, средний, высокий, сверхвысокий	2	Лекция-беседа
3	Классификация вакуумных насосов и основные характеристики вакуумных систем. Газоперемещающие и газопоглощающие вакуумные насосы. Способы откачки, основные виды и общие характеристики вакуумных насосов. Простейшая вакуумная система. Основное уравнение вакуумной системы: вывод и следствия из него. Основные параметры вакуумных насосов и их графическое представление	2	Лекция-беседа
4	Объемная откачка Принципы, диаграмма объемной откачки. Геометрическая и реальная скорость объемной откачки. Конструкции объемных насосов и их основные характеристики: пластинчато-роторный, пластинчато-статорный, двухступенчатые. Понятия балластного газа, вредного пространства. Рабочие жидкости вакуумных насосов и требования к ним. Ловушки, их виды и принцип действия, основные характеристики. Двухроторный насос Рутса: принцип действия, схема, основные характеристики, вывод формулы для определения максимального коэффициента компрессии. Расчет быстроты откачки объекта	2	Лекция-беседа
5	Молекулярная откачка Молекулярная откачка за счет движения стенки канала, молекулярные насосы, схемы и основные характеристики. Откачка за счет проводимости наклонного канала, турбомолекулярные насосы, схемы и основные характеристики. Схема вакуумной системы с турбомолекулярным и форвакуумным насосами, ее описание. Выбор и согласование работы высоковакуумного и форвакуумного насосов. Форвакуумные баллоны: их назначение и расчет.	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p>Струйная откачка Принцип струйной откачки, общая схема струйного насоса, взаимодействие молекул откачиваемого газа со струей рабочего вещества. Эжекторные, бустерные насосы, диффузионные насосы: схемы и основные характеристики. Многоступенчатые струйные насосы. Рабочие жидкости и требования к ним.</p>	2	Лекция-беседа
7	<p>Физико-химические принципы откачки и газопоглощающие насосы Электростатические насосы: принцип действия, схема, характеристики. Принципы действия газопоглощающих насосов, их основные виды. Адсорбционные насосы. Основные виды промышленных адсорбентов и их характеристики как рабочих веществ цеолитовых насосов. Геттерные насосы. Геттеры, их основные виды и характеристики. Криоконденсационные насосы, схемы, основные характеристики.</p>	2	Лекция-беседа
8	<p>Вакуумметрические приборы Основное назначение, классификация, принцип действия, основные характеристики приборов для измерения вакуума. Гидростатические манометры прямого действия. Косвенные тепловые, ионизационные, радиоизотопные манометры, их градуировка. Методы и приборы для отыскания течей в вакуумных установках: метод опрессовки, пробного газа, масспектрометрический. Галлоидный течеискатель: принцип действия, схема</p>	2	Лекция-беседа
9	<p>Вакуумные системы. Классификация вакуумных систем, особенности схем на базе газоперемещающих и газопоглощающих насосов. Вакуумные системы общего и специального назначения. Требования к вакуумным системам, основные характеристики. Схемы низко-, средне-, высоко- и сверхвысоковакуумных систем. Виды конструкционных материалов для вакуумного оборудования и требования к ним</p>	2	Лекция-беседа

4.4. Занятия семинарского типа

4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Понятие вакуума Расчет газовых сред с использованием основного уравнения газовой системы. Расчет проводимости элементов вакуумных систем, молекулярный и вязкостный режимы течения газов	4	4	
3	Классификация вакуумных насосов и основные характеристики вакуумных систем Расчет характеристик вакуумных насосов с использованием основного уравнения вакуумной системы и следствий из него	6	6	
4	Объемная откачка. Расчет геометрической и реальной быстроты откачки вакуумных насосов. Рассчитать время откачки камеры заданного объема.	3	3	
5	Молекулярная откачка. Проверочный расчет согласованности работы высоковакуумного и форвакуумного насосов. Расчет форвакуумного баллона	4	4	
6	Струйная откачка. Будут обсуждены особенности конструкций различных видов струйных насосов и решение проблем при многофракционном составе рабочих жидкостей таких насосов.	3	3	Разбор конкретных ситуаций
7	Физико-химические принципы откачки и газопоглощающие насосы Будут обсуждены основные требования к материалам для газопоглощающих насосов. Рассмотрены характеристики различных видов адсорбционных материалов применительно к вакуумной технике. Проанализированы преимущества и недостатки различных геттеров и насосов на их основе	4	4	Групповая научная дискуссия
8	Вакуумметрические приборы. Будут обсуждены принципы выбора вакуумметрических приборов для измерения вакуума и отыскания течей в вакуумной системе.	6	6	Разбор конкретных ситуаций
9	Вакуумные системы Будут проведены проектные расчеты вакуумных установок для различных процессов получения тонких пленок в микроэлектронике.	6	6	

4.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрено проведение лабораторных занятий

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Роль основных газовых законов в технике вакуума. Особенности взаимодействий молекул в газовой фазе в ограниченном объеме с учетом длины свободного пробега молекулы.	6	контрольный опрос
3	Коммутирующие элементы вакуумных насосов и установок, их виды и требования к ним.	10	контрольный опрос
4	Особенности организации процесса откачки газов, содержащих легкоконденсирующиеся пары, балластный газ и его влияние на характеристики насоса	2	контрольный опрос
5	Графическое определение совместимости работы высоковакуумных и низковакуумных насосов. Сверхвысоковакуумная система установки молекулярно-лучевой эпитаксии	2	контрольный опрос
6	Основные особенности диффузионных насосов при откачке газов с разной молекулярной массой, определение номинальной скорости откачки диффузионных насосов. Вывод уравнения.	6	контрольный опрос
7	Анализ преимуществ и недостатков материалов для использования в газопоглощающих насосах	10	контрольный опрос
8	Простейшие схемы автоматического контроля температуры, давления, расхода в вакуумных насосах. Градуировка манометров относительного действия	10	контрольный опрос
9	Автоматизированные вакуумные системы и их использование в основных процессах планарной технологии. Общие требования и виды конструкционных материалов, оценка их характеристик применительно к вакуумному оборудованию.	11	контрольный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

1. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с. (ЭБ)
2. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие / Г.Л.Брусиловский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с. (ЭБ)
3. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. ISBN 978-5-06-005521-4
4. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с. (ЭБ)
5. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 74 с. (ЭБ)
6. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Малыгин, А.А.Малков. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 71 с. (ЭБ)
7. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие / Е.А.Соснов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 52 с. (ЭБ)
8. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с. (ЭБ)

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 5 семестра в виде экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых в экзаменационных билетах:

1. Основные понятия вакуумной техники.
2. Некоторые молекулярно-кинетические представления, используемые в вакуумной технике.
3. Основное уравнение вакуумной системы.
4. Привести примеры и описание схем вакуумных насосов (из ряда низко-, средне-, высоко-вакуумных).
5. Расчет быстроты откачки объекта.
6. Объемная откачка, балластный газ, вредное пространство в форвакуумных насосах.
7. Вакуумметрические приборы для отыскания течи в вакуумных системах.
8. Вакуумные системы: виды, назначение, области применения.
9. Основные характеристики вакуумных насосов.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с.
2. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с.
3. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с.
4. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
5. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин. - Москва: Техносфера, 2006. - 159 с. - ISBN 5-94836-098-9
6. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие / Г.Л.Брусиловский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с.
7. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4
8. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0

б) электронные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов

- электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Нанoeлектроника. Теория и практика / В.Е.Борисенко, А.И.Воробьева, А.Л.Данилюк, Е.А.Уткина. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 369 с. - ISBN 978-5-00101-732-5 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
 5. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие / Г.Л.Брусиловский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 6. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г.Г.Шишкин, И.М.Агеев. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 411 с. - ISBN 978-5-00101-731-8 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
4. www.nt-mdt.ru
5. www.nanoscopus.org

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий студенту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование

времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 8 семестра в виде экзамена в устной форме. Экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин. Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:
ОС – не ниже MS Windows XP SP3
MS PowerPoint 97 и выше

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024x758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024x758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
"Вакуумное оборудование в производстве электронной техники"**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	промежуточный
ПК-2	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.1 Эксплуатация вакуумного технологического оборудования	Знает принципы действия различных видов вакуумного оборудования (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-10 к экзамену	Имеет представления о принципах действия некоторых видов вакуумного оборудования	Знает принципы действия некоторых видов вакуумного оборудования	Знает принципы действия различных видов вакуумного оборудования
	Знает основные характеристики вакуумных насосов и вакуумных систем (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 11-12 к экзамену	Имеет представление о некоторых характеристиках вакуумных насосов и вакуумных систем	Знает как оценивать основные характеристики вакуумных насосов и вакуумных систем	Знает основные характеристики вакуумных насосов и вакуумных систем и пути их применения
	Умеет оценивать основные характеристики вакуумных насосов (У-1).	Ответы на вопросы №№ 13-17 к экзамену	Имеет слабые представления об оценке основных характеристик вакуумных насосов	Имеет представление о способах оценки основных характеристик вакуумных насосов	Владеет приемами оценки основных характеристик вакуумных насосов
	Владеет методами подготовки к запуску вакуумных насосов (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 18-20 к экзамену	Имеет представление о методах подготовки к запуску вакуумных насосов	Владеет методами подготовки к запуску вакуумных насосов	Владеет методами подготовки к запуску вакуумных насосов и применяет их на практике
ПК-2.1 Осуществление контроля работоспособности и испытания	Знает основное уравнение вакуумной техники и следствия из него (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 21-23 к экзамену	Имеет представления об основном уравнении вакуумной техники и следствиях из него	Знает основное уравнение вакуумной техники и следствия из него	Знает способ вывода основного уравнения вакуумной техники и следствия из него

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
вакуумного технологического оборудования	Знает возможности различных приборов для отыскания течей и измерения давления в вакуумной системе (ЗН-4).	Ответы на вопросы №№ 24-28 к экзамену	Имеет представление о возможностях различных приборов для отыскания течей и измерения давления в вакуумной системе	Знает как оценивать возможности различных приборов для отыскания течей и измерения давления в вакуумной системе	Знает возможности различных приборов для отыскания течей и измерения давления в вакуумной системе и методики их применения
	Умеет осуществлять подбор приборов для оценки характеристик вакуумного оборудования (У-2).	Ответы на вопросы №№ 29-30 к экзамену	Имеет слабые представления о приборах для оценки характеристик вакуумного оборудования	Имеет представление о способах подбора приборов для оценки характеристик вакуумного оборудования	Владеет приемами подбора приборов для оценки характеристик вакуумного оборудования и способен осуществлять их практическое применение
	Владеет приборами для измерения вакуума (Н-2).	Ответы на вопросы №№ 31-32 к экзамену	Имеет слабое представление о владении приборами для измерения вакуума	Имеет представление о владении приборами для измерения вакуума	Владеет приборами для измерения вакуума
	Владеет методиками для отыскания течей в вакуумной системе (Н-3).	Ответы на вопросы №№ 33-34 к экзамену	Имеет слабое представление о методиках для отыскания течей в вакуумной системе	Имеет представление о методиках для отыскания течей в вакуумной системе	Владеет методиками для отыскания течей в вакуумной системе

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **экзамена**. Критерии оценивания – «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» приведены в таблице 2.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1

1. Объёмная откачка, диаграмма объёмной откачки, геометрическая и реальная быстрота откачки.
2. Конструкции объёмных насосов, пластинчато-роторный насос (схема, принцип действия), назначение балластного газа, вредное пространство, двухступенчатые насосы, основные характеристики, рабочие жидкости и требования к ним.
3. Насос Рутса (схема, принцип действия, основные характеристики, коэффициент компрессии).
4. Молекулярная откачка за счёт движения стенки канала, молекулярные насосы (схема, принцип действия, основные характеристики, максимальная и номинальная быстрота откачки, коэффициент компрессии).
5. Молекулярная откачка за счёт проводимости наклонного канала, турбомолекулярные насосы (принцип действия, схема, основные характеристики).
6. Диффузионные насосы (принцип действия, схема, основные характеристики, коэффициент компрессии), рабочие жидкости и требования к ним.
7. Адсорбционные насосы: некоторые виды и параметры адсорбентов, принцип действия адсорбционных насосов, основные характеристики.
8. Геттеры, основные понятия, виды, требования к ним. Геттерные насосы: схемы, принцип действия, виды испарителей, основные характеристики насосов. Ионно-геттерные насосы.
9. Электростатические вакуумные насосы: принцип действия, схема и ее описание, основные характеристики.
10. Принципиальная схема струйной откачки, основные виды струйной откачки (эжекторные, бустерные, диффузионные насосы).
11. Классификация вакуумных насосов, области применения вакуумной техники..
12. Основные характеристики вакуумных насосов (определения и графические зависимости) и вакуумных систем, определение времени откачки объекта.
13. Схемы низко-, средне-, высоко- и сверхвысоковакуумных систем.
14. Конструкционные материалы для вакуумной техники.
15. Общая технологическая схема производства интегральных микросхем (основные этапы и документация) и требования к вакуумному оборудованию.
16. Графическое определение совместной работы высоковакуумного и низковакуумного насосов при переменном газовойделении и натекании.
17. Графическое определение совместной работы высоковакуумного и низковакуумного насосов при постоянном потоке
18. Принципиальная схема с использованием высоковакуумного и форвакуумного насосов, ее описание, последовательность включения и отключения.
19. Форвакуумные баллоны (назначение, принцип действия, расчет).
20. Ловушки, их виды и принцип действия, основные требования к ним и области применения.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2

21. Простейшая вакуумная система.
22. Основное уравнение вакуумной системы, его вывод, практическое значение.
23. Следствия из основного уравнения вакуумной системы.
24. Некоторые молекулярно-кинетические представления: газовые законы, давление газа, единицы давления, частота соударений молекул с поверхностью, средняя длина свободного пробега молекулы.
25. Течение газа по трубопроводу: режимы, зависимость от давления.
26. Понятия о степенях вакуума, режимы течения газов в вакууме, критерий Кнудсена.

27. Вакууметрические приборы, основное назначение, классификация, приборы прямого и косвенного действия, общие понятия.
28. Механические преобразователи, компрессионный манометр Мак-Леода, принцип действия, схема и ее описание, вывод уравнения для определения давления.
29. Обоснование диапазонов измерения вакуума, градуировка вакуумметров с учетом относительной чувствительности к газам.
30. Вакуумные системы: виды, требования, основные характеристики.
31. Термопарный вакуумметр, принцип действия, схема прибора и ее описание, основные характеристики.
32. Ионизационные вакуумметры: электронный (схемы с внутренним и внешним коллектором), магниторазрядный, радиоизотопный манометры; принцип действия, схемы и их описание,
33. Способы отыскания течей: метод опрессовки, метод пробного газа, схема и ее описание.
34. Галлоидный течеискатель (схема, принцип действия), гелиевый течеискатель.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего и промежуточного контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.