

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Криовакуумная техника**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Королев П.В.
	Идентификатор	Re35b2607-KorolevPavV-75bc1496

(подпись)

П.В. Королев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

(подпись)

А.П. Крюков

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках

ИД-2 Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Смешанная форма

1. Коллоквиум №1 (Коллоквиум)
2. Коллоквиум №2 (Коллоквиум)
3. Коллоквиум №3 (Коллоквиум)
4. Коллоквиум №4 (Коллоквиум)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	6	8	12	16
Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики					
Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики					+
Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.					
Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.	+				
Газоперемещающие насосы.					
Газоперемещающие насосы.	+				
Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры					
Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры				+	
Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.					
Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.	+				

Крионасос. Форвакуумные крионасосы.				
Крионасос. Форвакуумные крионасосы.	+			
Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.				
Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.		+		
Средства измерения вакуума и течеискания.				
Средства измерения вакуума и течеискания.		+		
Использование вакуума в научных разработках и технических системах.				
Использование вакуума в научных разработках и технических системах.	+			
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов	Знать: Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа. Криозахват. Конструктивное исполнение. Специфика измерения вакуума при низких температурах. Эффект Кнудсена. Манометр ча-шечный ртутный. Трубка Бурдона. Термопарный преобразователь давления. Ионизацион-ный преобразователь давления. Преобразователь Байярда-Альперта. Течеискание. Вакуумно-технологические проблемы установок термоядерного	Коллоквиум №1 (Коллоквиум) Коллоквиум №2 (Коллоквиум) Коллоквиум №3 (Коллоквиум) Коллоквиум №4 (Коллоквиум)

		синтеза. Условия осуществления термоядерной реакции. Магнитные ловушки. Лазерный термоядерный синтез. Система откачки продуктов реакции термоядерного синтеза. Требования к вакуумным насосам. Кrioоткачка газодинамических установок. Кrioтермовакuumные установки и кrioвакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов. Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты. Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-	
--	--	--	--

		Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки. Криовакуумная техника. Классификация крионасосов. Принцип работы. Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты массообмена (коэффициент прилипания и конденсации). Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость скорости действия от давления. Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки. Общие принципы	
--	--	--	--

		устройства. Особенности расчета криовакуумной системы. Конструктив-ное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбен-тами Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Ос-новные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура акти-вации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения. Историю развития вакуумной техники.	
--	--	---	--

		Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул. Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные. Уметь: Определять среднюю длину свободного пробега, число Кнудсена. Применять основное уравнение вакуумной техники. Рассчитывать	
--	--	---	--

		проводимости в молекулярном и вязкостном режимах течения. Проводить расчеты адсорбционного насоса. Определять емкости монослоя, теплоты адсорбции, удельной поверхности. Проводить расчеты форвакуумного крионасоса. Выбирать способ отвода тепла. Определять времена откачки до заданного давления. Проводить расчеты криоконденсационного насоса. Определять быстроту действия и теплопритоков. Применять Эффект Кнудсена. Определять натекания. Проводить расчеты газодинамических, термовакuumных, напылительных установок. Проводить расчеты сложного вакуумного трубопровода.	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Коллоквиум №1

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задается задание, студентам отводится время на решение, затем обсуждение

Краткое содержание задания:

Показать способность использовать современные достижения науки и техники в соответствующей области, специальную литературу и другие информационные данные для решения профессиональных задач, отечественный и зарубежный опыт, современные компьютерные информационные технологии, методы анализа, синтеза и оптимизации в научно-исследовательских работах;

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты. Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки. Криовакуумная техника. Классификация крионасосов. Принцип работы. Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты массообмена (коэффициент прилипания и конденсации). Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия	1. Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.
---	---

от давления. Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки. Общие принципы устройства. Особенности расчета криовакуумной системы. Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами	
Знать: Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа. Криозахват. Конструктивное исполнение. Специфика измерения вакуума при низких температурах. Эффект Кнудсена. Манометр чашечный ртутный. Трубка Бурдона. Термопарный преобразователь давления. Ионизационный преобразователь давления. Преобразователь Байярда-Альперта. Течеискание. Вакуумно-технологические проблемы установок термоядерного синтеза. Условия осуществления термоядерной реакции. Магнитные ловушки. Лазерный термоядерный синтез. Система откачки продуктов реакции термоядерного синтеза. Требования к вакуумным насосам. Кривооткачка газодинамических установок. Криотермовакuumные установки и криовакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов.	1.Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. 2.Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения. 3.Расчет форвакуумного крионасоса. Выбор способа отвода тепла. Определение времени откачки до заданного давления. 4.Криовакуумная техника. Классификация крионасосов. Принцип работы. Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты массообмена (коэффициент прилипания и конденсации). Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость скорости действия от давления. 5.Общие принципы устройства. Особенности расчета криовакуумной системы. Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами. Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа. Криозахват. Конструктивное исполнение. 6.Специфика измерения вакуума при низких температурах. Эффект Кнудсена. Манометр чашечный ртутный. Трубка Бурдона. Термопарный преобразователь давления. Ионизационный преобразователь давления. Преобразователь Байярда-Альперта. Течеискание. 7.Вакуумно-технологические проблемы установок термоядерного синтеза. Условия осуществления термоядерной реакции. Магнитные ловушки. Лазерный термоядерный синтез. Система откачки продуктов реакции термоядерного синтеза.

	Требования к вакуумным насосам. Криооткачка газодинамических установок. Криотермовacuумные установки и криовacuумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов.
Уметь: Определять натекания. Проводить расчеты газодинамических, термовacuумных, напылительных установок. Проводить расчеты сложного вакуумного трубопровода.	1. Расчет адсорбционного насоса. 2. Расчет форвакуумного крионасоса. Выбор способа отвода тепла. 3. Расчет криоконденсационного насоса. 4. Эффект Кнудсена. 5. Течеискание. 6. Расчет газодинамических, термовacuумных, напылительных установок 7. Расчет сложного вакуумного трубопровода

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, в ходе обсуждения даны ответы на 80% вопросов

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-2. Коллоквиум №2

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задается задание, студентам отводится время на решение, затем обсуждение

Краткое содержание задания:

Показать способность владеть методами моделирования высоко- и низкотемпературных теплогидравлических процессов в конкретных технических системах и математическими моделями элементов, работающих на различных физических принципах, использовать пакеты прикладных программ моделирования и создавать программные продукты для моделирования процессов и систем;

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Историю развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.	1. История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул. 2. Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные. 3. Молекулярные насосы. Преимущества и
--	--

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.	недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. 4.Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения.
Знать: Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения.	1.Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки. 2.Криовакуумная техника. Классификация крионасосов. Принцип работы. Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты массообмена (коэффициент прилипания и конденсации). Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия от давления. 3.Общие принципы устройства. Особенности расчета криовакуумной системы. Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами. Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа. Криозахват. Конструктивное исполнение. 4.Вакуумно-технологические проблемы установок термоядерного синтеза. Условия осуществления термоядерной реакции. Магнитные ловушки. Лазерный термоядерный синтез. Система откачки продуктов реакции термоядерного синтеза. Требования к вакуумным насосам. Криооткачка газодинамических установок. Криотермовакуумные установки и криовакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов.
Уметь: Проводить расчеты криоконденсационного насоса. Определять быстроту действия и теплопритоков. Применять Эффект Кнудсена.	1.Определение средней длины свободного пробега, числа Кнудсена. Основное уравнение вакуумной техники. 2.Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах течения.

	3.Расчет адсорбционного насоса. Определение емкости монослоя, теплоты адсорбции, удельной поверхности. 4.Расчет форвакуумного крионасоса. Выбор способа отвода тепла. Определение времени откачки до заданного давления. 5.Расчет криоконденсационного насоса. Определение быстроты действия и теплопритоков. 6.Эффект Кнудсена. 7.Течеискание. Определение натекания. 8.Расчет сложного вакуумного трубопровода.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, в ходе обсуждения даны ответы на 80% вопросов

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-3. Коллоквиум №3

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задается задание, студентам отводится время на решение, затем обсуждение

Краткое содержание задания:

Показать способность владеть методами испытания основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок, выполнения технико-экономических расчетов при производстве тепловой и электрической энергии с использованием ядерного топлива;

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Проводить расчеты адсорбционного насоса. Определять емкости монослоя, теплоты адсорбции, удельной поверхности. Проводить расчеты форвакуумного крионасоса. Выбирать способ отвода тепла. Определять времена откачки до заданного давления.	1.Расчет адсорбционного насоса. Определение емкости монослоя, теплоты адсорбции, удельной поверхности. 2.Расчет форвакуумного крионасоса. Выбор способа отвода тепла. Определение времени откачки до заданного давления. 3.Расчет криоконденсационного насоса. Определение быстроты действия и теплопритоков. 4.Эффект Кнудсена. 5.Течеискание. Определение натекания. 6.Расчет газодинамических, термовакuumных, напылительных установок. 7.Расчет сложного вакуумного трубопровода.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, в ходе обсуждения даны ответы на 80% вопросов

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-4. Коллоквиум №4

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задается задание, студентам отводится время на решение, затем обсуждение

Краткое содержание задания:

Показать способность владеть современными расчетно-теоретическими и экспериментальными методами определения свойств веществ в различных агрегатных состояниях.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Определять среднюю длину свободного пробега, число Кнудсена. Применять основное уравнение вакуумной техники. Рассчитывать проводимости в молекулярном и вязкостном режимах течения.	1.Определение средней длины свободного пробега, числа Кнудсена. Основное уравнение вакуумной техники. 2.Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах течения 3.Расчет форвакуумного крионасоса. Выбор способа отвода тепла. Определение времени откачки до заданного давления. 4.Расчет криоконденсационного насоса. Определение быстроты действия и теплопритоков. 5.Эффект Кнудсена. 6.Течеискание. Определение натекания.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено, в ходе обсуждения даны ответы на 80% вопросов

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники.

Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

2. Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.

Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

Процедура проведения

Слепой выбор билета, время на ответ, ответ.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-2} Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов

Вопросы, задания

1.1. Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники.

Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

2. Газоперемещающие насосы.

Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики.

Принцип работы.

2.1. Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.

2. Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры.

Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения.

3.1. Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники.

Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

2. Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.

Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

4.1. Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.

2. Крионасос. Форвакуумные крионасосы.

Криовакуумная техника. Классификация крионасосов. Принцип работы. Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты массообмена (коэффициент прилипания и конденсации). Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия от давления.

5.1. Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники.

Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

2. Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.

Общие принципы устройства. Особенности расчета криовакуумной системы.

Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами. Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа. Криозахват. Конструктивное исполнение.

6.1. Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.

2. Средства измерения вакуума и течеискания.

Специфика измерения вакуума при низких температурах. Эффект Кнудсена. Манометр чашечный ртутный. Трубка Бурдона. Термопарный преобразователь давления. Ионизационный преобразователь давления. Преобразователь Байярда-Альперта. Течеискание.

7.1. Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

2. Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.

Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

8.1. Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.

2. Использование вакуума в научных разработках и технических системах.

Вакуумно-технологические проблемы установок термоядерного синтеза. Условия осуществления термоядерной реакции. Магнитные ловушки. Лазерный термоядерный синтез. Система откачки продуктов реакции термоядерного синтеза. Требования к вакуумным насосам. Кριοоткачка газодинамических установок. Крיותרмовакuumные установки и кривовакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов.

9.1. Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул.

2. Газоперемещающие насосы.

Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы.

10.1. Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.

Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные.

2. Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры.

Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Низкотемпературные геттеры. Температура

активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое число Кнудсена

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Один из критериев подобия движения разреженных газов. Отношение средней длины свободного пробега к характерному размеру системы.

2. Что такое средняя длина свободного пробега?

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Это среднее расстояние, которое пролетает частица за время между двумя последовательными столкновениями

3. Что такое теплота адсорбции

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Теплота адсорбции - мера интенсивности адсорбционных взаимодействий

4. Что такое проводимость трубопровода

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Проводимость отверстия, трубопровода или вакуумной системы - это мера потока газа для данного перепада давления в трубопроводе или системе, она измеряется в литрах в секунду

5. Для чего применяют форвакуумные вопросы

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Форвакуумный насос предназначен для того, чтобы создать предварительное разрежение. Это, примерно, 80-90% от всего вакуума.

Механические форвакуумные насосы не способны довести уровень вакуума в системе до значения 99,9%. Для этого используются паромасляные диффузионные насосы.

6. Что такое адсорбционный насос

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Адсорбционные насосы – насосы использующие физическую адсорбцию газов для их удаления из вакуумного объема. Большим достоинством адсорбционных насосов является отсутствие масла в конструкции, что позволяет получить с их помощью “безмасляный” вакуум

7. В чем разница между абсорбцией и адсорбцией

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Одно поверхностное, второе объемное

8. Какое количество соединений характерно для криогенной и вакуумной техники

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Минимальное

9. Единица измерения числа Кнудсена

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Число Кнудсена безразмерное

10. Что такое Эффект Кнудсена

Ответы:

Рассказать словами, и/или написать формулу

Верный ответ: Эффект Кнудсена (явление тепловой эффузии) — явление перетекания при одинаковых давлениях разреженного газа через поры (малые отверстия) от более низкой к более высокой температуре.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оба вопроса расписаны, ответы полные.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Один вопрос расписан полностью, второй частично.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

*Описание характеристики выполнения знания: Оба вопроса расписаны фрагментарно.
Получены ответы на 2 дополнительных вопроса.*

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу