

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**КРИОВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 93,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Королев П.В.
	Идентификатор	Re35b2607-KorolevPavV-75bc149f

(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)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью дисциплины является теоретическое изучение элементарных процессов, протекающих в криовакуумных системах, позволяющее рассчитывать характеристики реальных систем.

### Задачи дисциплины

- Задачами дисциплины являются освоение обучающимися различных методов описания процессов в криовакуумной технике; ознакомление со способами решения различных задач криовакуумной техники и их доведения до получения количественных результатов..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках	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 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. Криотермовакуумные установки и криовакуумное 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.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>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. Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами;</p> <p>- 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.;</p> <p>- 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</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>свободного пробега молекул. Основные характеристики вакуумных насосов. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные..</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определять среднюю длину свободного пробега, число Кнудсена. Применять основное уравнение вакуумной техники. Рассчитывать проводимости в молекулярном и вязкостном режимах течения.;</li> <li>- 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.;</li> <li>- Проводить расчеты криоконденсационного насоса. Определять быстроту действия и теплопритоков. Применять Эффект Кнудсена.;</li> <li>- Определять натекания. Проводить расчеты газодинамических, термовакуумных, напылительных установок. Проводить расчеты сложного вакуумного трубопровода..</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физика и техника низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать типы вакуумных насосов низкотемпературной техники и особенности их применения, и их классификацию и маркировку;
- уметь использовать специализированные знания в области низкотемпературной техники для освоения смежных технических дисциплин;

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики	9	1	2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 5-12
1.1	Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
2	Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 15-37
2.1	Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
3	Газопереключающие насосы.	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 45-99
3.1	Газопереключающие насосы.	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
4	Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 25-32
4.1	Распыляемые геттеры.	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	

	Нераспыляемые геттеры												
5	Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 37-49
5.1	Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
6	Крионасос. Форвакуумные крионасосы.	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 52-67
6.1	Крионасос. Форвакуумные крионасосы.	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
7	Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 534-654
7.1	Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
8	Средства измерения вакуума и течеискания.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 112-231
8.1	Средства измерения вакуума и течеискания.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
9	Использование вакуума в научных разработках и технических системах.	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 105-112
9.1	Использование вакуума в научных	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	

	разработках и технических системах.												
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	16		2		-	0.5		93.5	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



## 3.2 Краткое содержание разделов

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

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

#### 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..

### 3. Газоперемещающие насосы.

#### 3.1. Газоперемещающие насосы.

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

### 4. Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры

#### 4.1. 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..

### 5. Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.

#### 5.1. 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..

### 6. Крионасос. Форвакуумные крионасосы.

#### 6.1. 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..

## 7. Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.

### 7.1. 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..

## 8. Средства измерения вакуума и течеискания.

### 8.1. 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..

## 9. Использование вакуума в научных разработках и технических системах.

### 9.1. 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. Криооткачка газодинамических установок. Криотермовакуумные установки и криовакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов..

## **3.3. Темы практических занятий**

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 газодинамических, термовакуумных, напылительных установок.;
9. Расчет сложного вакуумного трубопровода..

## **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

## **3.5 Консультации**

## **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)									Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Знать:</b>											
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.	ИД-2ПК-2									+	Коллоквиум/Коллоквиум №2
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.	ИД-2ПК-2									+	Коллоквиум/Коллоквиум №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 моно слоя. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное	ИД-2ПК-2		+	+		+					Коллоквиум/Коллоквиум №1

<p>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. Конструктивное исполнение. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами</p>										
<p>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. Криооткачка газодинамических установок. Криотермовакuumные установки и криовакуумное оборудование. Вакуумное обеспечение ускорительно-накопительных комплексов.</p>	ИД-2ПК-2							+		Коллоквиум/Коллоквиум №1
<b>Уметь:</b>										
<p>Определять натекания. Проводить расчеты газодинамических, термовакuumных, напылительных</p>	ИД-2ПК-2							+		Коллоквиум/Коллоквиум №1

установок. Проводить расчеты сложного вакуумного трубопровода.											
Проводить расчеты криоконденсационного насоса. Определять быстроту действия и теплопритоков. Применять Эффект Кнудсена.	ИД-2ПК-2									+	Коллоквиум/Коллоквиум №2
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.	ИД-2ПК-2				+						Коллоквиум/Коллоквиум №3
Определять среднюю длину свободного пробега, число Кнудсена. Применять основное уравнение вакуумной техники. Рассчитывать проводимости в молекулярном и вязкостном режимах течения.	ИД-2ПК-2	+									Коллоквиум/Коллоквиум №4

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**1 семестр**

Форма реализации: Смешанная форма

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №1)

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Справочник по вакуумной технике и технологиям : пер. с англ. / Ред. Д. Хоффман, и др. – М. : Техносфера, 2011 . – 736 с. – (Мир электроники) . - ISBN 978-5-94836-294-6 .;
2. Кеменов, В. Н. Вакуумная техника и технология : Учебное пособие по курсу "Криовакуумная техника" ,по специальностям "Техника и физика низких температур" (070200) и "Электронное машиностроение" (200500) / В. Н. Кеменов, С. Б. Нестеров, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 84 с. - ISBN 5-7046-0840-X .;
3. А. В. Зиновьева, Г. И. Чернов, В. К. Васильев, В. Л. Юша- "Вакуумная техника в технологических и низкотемпературных установках", Издательство: "Омский государственный технический университет (ОмГТУ)", Омск, 2019 - (112 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682145>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Libre Office.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-402, Аудитория каф. "НТ"	стеллаж для хранения книг, стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Криовакуумная техника

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Коллоквиум №1 (Коллоквиум)

КМ-2 Коллоквиум №2 (Коллоквиум)

КМ-3 Коллоквиум №3 (Коллоквиум)

КМ-4 Коллоквиум №4 (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	6	8	12	16
1	Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики					
1.1	Введение в вакуумную технику. Основные понятия и характеристики					+
2	Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.					
2.1	Основное уравнение вакуумной техники. Техника получения вакуума традиционными методами.		+			
3	Газоперемещающие насосы.					
3.1	Газоперемещающие насосы.		+			
4	Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры					
4.1	Распыляемые геттеры. Нераспыляемые геттеры				+	
5	Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.					
5.1	Адсорбционные насосы. Традиционные адсорбенты.		+			
6	Крионасос. Форвакуумные крионасосы.					
6.1	Крионасос. Форвакуумные крионасосы.		+			
7	Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.					
7.1	Газодинамические установки. Криосорбционные средства вакуумной откачки.			+		
8	Средства измерения вакуума и течеискания.					



8.1	Средства измерения вакуума и течеискания.		+		
9	Использование вакуума в научных разработках и технических системах.				
9.1	Использование вакуума в научных разработках и технических системах.	+			
Вес КМ, %:		25	25	25	25