

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Техника и физика низких температур

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
КРИОФИЗИКА**


<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.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	6 семестр - 4; 7 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	6 семестр - 14 часов; 7 семестр - 32 часа; всего - 46 часа
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	6 семестр - 16 часов; 7 семестр - 2 часа; всего - 18 часов
<b>Самостоятельная работа</b>	6 семестр - 81,2 часа; 7 семестр - 77,5 часа; всего - 158,7 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	6 семестр - 17,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	6 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Коллоквиум Контрольная работа Расчетно-графическая работа Реферат	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Защита курсовой работы	6 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

А.П. Крюков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	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:** изучение методов описания конденсированных систем, в том числе квантовой жидкости, а также процессов теплопереноса в условиях сильной неравновесности

### Задачи дисциплины

- введение в основы квантовой механики и квантовой статистики;
- овладение методами определения теплофизических свойств конденсированных систем;
- овладение основами расчета сверхпроводящих катушек магнитных систем;
- овладение методикой вычисления моментов неравновесных функций распределения молекул газа по скоростям;
- овладение практикой решения неравновесных задач перекоденсации и теплопереноса на базе физической кинетики;
- изучение основ физики сверхтекучести и процессов переноса в He II;
- приобретение навыков выбора метода получения низких температур для реализации различных задач криостатирования.

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-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей низкотемпературных процессов	ИД-2ПК-3 Владеет методами и подходами описания теплофизических процессов при низких температурах в установках специального назначения	знать: - принципы квантовой механики и квантовой статистики; - основные методы описания конденсированных систем, в том числе квантовых жидкостей; - способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности.  уметь: - использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования; - определять интенсивность неравновесных процессов тепло-массопереноса; - выполнять расчеты теплопереноса в He II; - осуществлять выбор метода получения низких температур.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Техника и физика низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные разделы дисциплин "Термодинамика", «Физика (общая)», «Математика», «Теория тепло-массообмена», «Механика двухфазных систем»

- уметь использовать методы и подходы, изученные в рамках дисциплин "Термодинамика", «Физика (общая)», «Математика», «Теория тепло-массообмена», «Механика двухфазных систем»

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 8 зачетных единиц, 288 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	Основы квантовой механики и физики конденсированных систем	72	6	28	-	14	-	-	-	-	-	30	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы квантовой механики и физики конденсированных систем"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Проектирование катушки сверхпроводящих магнитов</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы квантовой механики и физики конденсированных систем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 57-130 [4], 3-57 [5], 231-498</p>	
1.1	Основы квантовой механики и квантовой статистики	19		8	-	4	-	-	-	-	-	-	7		-
1.2	Принципы физики конденсированных систем	22		10	-	2	-	-	-	-	-	-	10		-
1.3	Основы физики сверхпроводимости	31		10	-	8	-	-	-	-	-	-	13		-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2.0	-	-	-	0.5	-		33.5
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	14	-	4	-	-	0.3	17.7	-		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2.0</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>47.7</b>	<b>33.5</b>		

	Итого за семестр	144.0		28	-	14	16.0		4		0.8	81.2		
2	Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур	108	7	32	-	32	-	-	-	-	-	44	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур"</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. Предлагаемая тема реферата: Представление одного из методов получения низких температур с соответствующей расчетной оценкой его возможностей. Сопоставление изоэнтропного и эзоэнтальпного расширений как способа охлаждений. Диапазоны температур, получаемых с помощью криожидкостей.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 3-78 [2], 3-78 [3], 3-56 [5], 5-230</p>
2.1	Элементы физической кинетики	52		18	-	20	-	-	-	-	-	14	-	
2.2	Основы физики сверхтекучести и процессы переноса в He-II	34		12	-	10	-	-	-	-	-	12	-	
2.3	Физические основы охлаждения и получения низких температур	22		2	-	2	-	-	-	-	-	18	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	0.5	44	33.5		
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	2		-		0.5	77.5		
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>60</b>	-	<b>46</b>	<b>18.0</b>		<b>4</b>		<b>1.3</b>	<b>158.7</b>		

**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. Основы квантовой механики и физики конденсированных систем

##### 1.1. Основы квантовой механики и квантовой статистики

Принципы квантовой механики. Соотношение неопределенностей. Волновая функция и уравнение Шредингера. Простейшие задачи квантовой механики: 1) частица в одномерном потенциале (прямоугольная и параболическая потенциальная ямы); 2) квантовый гармонический осциллятор; 3) квантовый туннельный эффект. Понятие спина и принцип Паули. Принципы квантовой статистики. Квантовые и классические функции распределения: Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Бозе-конденсация. Квантовая статистика Ферми-Дирака. Вырожденный ферми газ.

##### 1.2. Принципы физики конденсированных систем

Параметры конденсированного тела. Параметр взаимодействия. Параметр де Бройля. Концепция элементарных возбуждений. Энергетический спектр конденсированного тела. Кристаллическая решетка. Коллективные колебания кристаллической решетки. Фононы. Акустические и оптические фононы. Теплоемкость кристаллической решетки. Модель Дебая. Плавление конденсированного тела. Критерий Линдемана. Теплопроводность кристаллической решетки (диэлектрики). Электроны в конденсированном теле: Электроны как квазичастицы. Теорема Блоха. Статистика и термодинамика электронов в конденсированном теле. Теплоемкость электронов. Зонная структура конденсированных тел.

##### 1.3. Основы физики сверхпроводимости

Основные опытные факты. Тепловые свойства сверхпроводников. Феноменологические теории сверхпроводимости: Термодинамическая теория Гортера-Казимира. Двухжидкостная модель Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Два типа сверхпроводников. Сверхпроводники I рода в магнитном поле. Промежуточное состояние. Сверхпроводники II рода в магнитном поле: смешанное состояние, квантование магнитного потока и вихри Абрикосова. Резистивное состояние сверхпроводников и пиннинг. Жесткие сверхпроводники. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.

#### 2. Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур

##### 2.1. Элементы физической кинетики

Основные понятия и определения: потенциалы взаимодействия, функция распределения молекул газа по скоростям, моменты функции распределения. Связь микроскопического и макроскопического уровней описания. Кинетическое уравнение Больцмана. Основные допущения при выводе. Моменты интеграла столкновений. H-функция и H-теорема. Постановка задачи для уравнения Больцмана. Методы решения кинетического уравнения Больцмана. Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о перекоденсации. Получение выражения для плотности потока массы  $j$ . Его асимптотики. Решение одномерной стационарной линеаризованной задачи о теплопереносе через слой разреженного газа. Выражение для теплового потока  $q$ . Его асимптотики. Кинетическое описание задач интенсивного испарения и конденсации.

##### 2.2. Основы физики сверхтекучести и процессы переноса в He-II

Гелий – квантовая жидкость. Опытные факты и наблюдения. Термомеханический и механотермический эффекты в He-II. Соотношение Лондона. Двухскоростная модель Л.Д.Ландау: допущения (предположения) и математическое описание. Распространение звука в He-II. Система уравнений, описывающая это явление. Скорость первого и второго



звука. Изменение давления и температуры в монохроматической волне 1-го и 2-го звука. Третий и четвертый звуки. Отражение звука от межфазной поверхности сверхтекучего гелия. Физическая постановка и математическое описание. Коэффициент отражения звука от межфазной поверхности сверхтекучего гелия. Предельные значения. Зависимость от коэффициента конденсации. Коэффициент проницаемости границы раздела фаз. Постановка задачи о расчете теплообмена в He-II. Режим сопротивления П.Л.Капицы. Описание стационарного теплопереноса в He-II при ламинарном движении нормальной компоненты. Вывод уравнения, описывающего стационарный теплоперенос в He-II на основе уравнений двухскоростной гидродинамики. Критические скорости в He-II. Сила взаимного трения Гортера-Меллинка. Физическая сущность. Качественный вывод выражения для силы. Расчет теплопереноса с учетом взаимного трения компонент сверхтекучего гелия. Расчет "восстановительного" теплового потока в He-II. Физическая постановка. Математическое описание. Результаты для цилиндрических нагревателей малого и большого диаметров. Сверхтекучесть и бозе-конденсация. Расчет температуры начала бозе-конденсации.

### 2.3. Физические основы охлаждения и получения низких температур

Термомеханические эффекты. Изоэнтропное расширение. Дросселирование сжатого газа. Эффект Джоуля-Томпсона. Расширение из постоянного объема. Десорбционное охлаждение. Охлаждение с помощью откачки паров. Магнитное охлаждение. Механокалорический эффект. Свойства парамагнитных солей. Адиабатное размагничивание. Ядерное размагничивание. Магнито- и электрокалорические методы охлаждения. Намагничивание сверхпроводников.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Одномерные задачи квантовой механики(4 часа).;
2. Расчет функций распределения (4 часа).;
3. Расчеты тепловых свойств конденсированных тел (6 часов).;
4. Магнитные свойства сверхпроводников (4 часа).;
5. Расчет моментов неравновесных функций распределения (9 часов).;
6. Формулирование систем моментных уравнений для определения теплового потока в задаче о теплопереносе через слой разреженного газа при различных заданных исходных данных (5 часов).;
7. Формулирование систем моментных уравнений для определения потоков массы и энергии в задачах перекоденсации для различных заданных исходных данных и постановок (6 часов).;
8. Определение коэффициентов отражения и прохождения звука на поверхности гелия II (7 часов).;
9. Вычисление коэффициентов отражения и прохождения звуковых волн на поверхности обычной жидкости (5 часов)..

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы квантовой механики и физики конденсированных систем"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Основы квантовой механики и физики конденсированных систем"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур"

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

**6 Семестр**

Курсовая работа (КР)

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 3	4 - 6	7 - 8	9 - 12	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	35	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта
2	Расчет параметров сверхпроводящей катушки и криостата
3	Оценка геометрических размеров криостата для сверхпроводящего магнита
4	Выполнение чертежа общего вида сверхпроводящего магнита в криостате

### 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	
<b>Знать:</b>				
способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности	ИД-2ПК-3		+	Коллоквиум/Основные положения кинетической теории газов. Уравнение Больцмана
основные методы описания конденсированных систем, в том числе квантовых жидкостей	ИД-2ПК-3	+		Коллоквиум/Описание конденсированных сред: параметры и концепции
принципы квантовой механики и квантовой статистики	ИД-2ПК-3	+		Коллоквиум/Принципы квантовой механики и квантовой статистики
<b>Уметь:</b>				
осуществлять выбор метода получения низких температур	ИД-2ПК-3		+	Реферат/Представление одного из методов получения низких температур с соответствующей расчетной оценкой его возможностей
выполнять расчеты тепломассопереноса в HeII	ИД-2ПК-3		+	Контрольная работа/Расчет коэффициентов отражения звука от границы раздела фаз: жидкость - пар
определять интенсивность неравновесных процессов тепло-массопереноса	ИД-2ПК-3		+	Контрольная работа/Расчет моментов неравновесных функций распределения
использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования	ИД-2ПК-3	+		Расчетно-графическая работа/Расчет параметров сверхпроводящих катушек Контрольная работа/Расчет теплоемкости кристаллических тел

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

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

###### **6 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Расчет параметров сверхпроводящих катушек (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет теплоемкости кристаллических тел (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Описание конденсированных сред: параметры и концепции (Коллоквиум)
2. Принципы квантовой механики и квантовой статистики (Коллоквиум)

###### **7 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Представление одного из методов получения низких температур с соответствующей расчетной оценкой его возможностей (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет коэффициентов отражения звука от границы раздела фаз: жидкость - пар (Контрольная работа)
2. Расчет моментов неравновесных функций распределения (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Основные положения кинетической теории газов. Уравнение Больцмана (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

###### Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

###### Курсовая работа (КР) (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

###### Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Крюков, А. П. Элементы физической кинетики : Учебное пособие по курсу "Основы криофизики" / А. П. Крюков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1995 . – 69 с. : 890.00 .;
2. Крюков, А. П. Элементы гидродинамики и теплопереноса в гелии II : Учебное пособие по курсу "Криофизика" по направлению "Техническая физика" / А. П. Крюков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 80 с. - ISBN 5-7046-1137-0 .;
3. Дмитриев, А. С. Основы криофизики конденсированных систем : учебное пособие по курсу "Криофизика", по направлению "Техническая физика" / А. С. Дмитриев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 132 с. - ISBN 5-903072-78-X .;
4. Королев, П. В. Методы описания конденсированных систем : учебное пособие по курсу "Физика конденсированных систем" по направлению "Нанотехнологии", и слушателей ФПКПиС МЭИ (ТУ) / П. В. Королев, А. П. Крюков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 64 с. - ISBN 978-5-383-00428-9 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1454](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1454);
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.- "Физическая кинетика", (2-е изд., испр.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2002 - (536 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2692](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2692).

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 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-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 промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/3, Учебно-научная лаборатория исследования сверхтекучей жидкости	стеллаж для хранения инвентаря, лабораторный стенд, оборудование специализированное, инвентарь специализированный
	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

### Криофизика

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Принципы квантовой механики и квантовой статистики (Коллоквиум)
- КМ-2 Описание конденсированных сред: параметры и концепции (Коллоквиум)
- КМ-3 Расчет теплоемкости кристаллических тел (Контрольная работа)
- КМ-4 Расчет параметров сверхпроводящих катушек (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Основы квантовой механики и физики конденсированных систем					
1.1	Основы квантовой механики и квантовой статистики		+			
1.2	Принципы физики конденсированных систем			+	+	+
1.3	Основы физики сверхпроводимости				+	+
Вес КМ, %:			15	25	25	35

#### 7 семестр

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

- КМ-3 Основные положения кинетической теории газов. Уравнение Больцмана (Коллоквиум)
- КМ-4 Расчет моментов неравновесных функций распределения (Контрольная работа)
- КМ-5 Расчет коэффициентов отражения звука от границы раздела фаз: жидкость - пар (Контрольная работа)
- КМ-6 Представление одного из методов получения низких температур с соответствующей расчетной оценкой его возможностей (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур					
1.1	Элементы физической кинетики		+	+		

1.2	Основы физики сверхтекучести и процессы переноса в He-II			+	
1.3	Физические основы охлаждения и получения низких температур				+
Вес КМ, %:		20	25	25	30



**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Криофизика

(название дисциплины)

**6 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Проверка выполнения задания
- КМ-2 Проверка выполнения задания
- КМ-3 Проверка выполнения задания
- КМ-4 Проверка выполнения задания

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	8	12
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта		+			
2	Расчет параметров сверхпроводящей катушки и криостата			+		
3	Оценка геометрических размеров криостата для сверхпроводящего магнита				+	
4	Выполнение чертежа общего вида сверхпроводящего магнита в криостате					+
Вес КМ, %:			10	30	35	25