

**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**


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4; 7 семестр - 4; всего - 8
Часов (всего) по учебному плану:	288 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 60 часов
Практические занятия	6 семестр - 14 часов; 7 семестр - 32 часа; всего - 46 часа
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	6 семестр - 16 часов; 7 семестр - 2 часа; всего - 18 часов
Самостоятельная работа	6 семестр - 81,2 часа; 7 семестр - 77,5 часа; всего - 158,7 часа
в том числе на КП/КР	6 семестр - 17,7 часов;
Иная контактная работа	6 семестр - 4 часа;
включая: Коллоквиум Контрольная работа Расчетно-графическая работа Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	6 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	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)

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: 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: - способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности; - основные методы описания конденсированных систем, в том числе квантовых жидкостей; - принципы квантовой механики и квантовой статистики. уметь: - выполнять расчеты теплопереноса в He II; - использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования; - определять интенсивность неравновесных процессов теплопереноса; - 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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы квантовой механики и физики конденсированных систем"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> 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><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы квантовой механики и физики конденсированных систем"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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	-		
	Всего за семестр	144.0	28	-	14	14	2.0	4	-	-	0.8	47.7	33.5		

	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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы физической кинетики, процессы переноса, физические основы получения низких температур"</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> 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><u>Изучение материалов литературных источников:</u></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		
	ИТОГО	288.0	-	60	-	46	18.0		4		1.3	158.7		

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

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	
Знать:				
принципы квантовой механики и квантовой статистики	ИД-2ПК-3	+		Коллоквиум/Принципы квантовой механики и квантовой статистики
основные методы описания конденсированных систем, в том числе квантовых жидкостей	ИД-2ПК-3	+		Коллоквиум/Описание конденсированных сред: параметры и концепции
способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности	ИД-2ПК-3		+	Коллоквиум/Основные положения кинетической теории газов. Уравнение Больцмана
Уметь:				
осуществлять выбор метода получения низких температур	ИД-2ПК-3		+	Реферат/Представление одного из методов получения низких температур с соответствующей расчетной оценкой его возможностей
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
выполнять расчеты тепломассопереноса в HeII	ИД-2ПК-3		+	Контрольная работа/Расчет коэффициентов отражения звука от границы раздела фаз: жидкость - пар

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;
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.

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