

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

УМС ЛАПЛАЗ Протокол №1/08-577 от 29.08.2024 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоёмкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
1	2-3	72-108	12	36	0		24	0	Э, З
2	3	108	10	35	0		27	0	Э
Итого	5-6	180- 216	22	71	0	0	51	0	

## АННОТАЦИЯ

Цель курса – научить студентов работе с экспериментальными данными по параметрам кристаллов, основным способам описания систем многих частиц с взаимодействием, методам вычислений спектров колебаний, зонной структуре электронов, связи конкретных данных с теоретическим описанием из первых принципов основных параметров твердого тела.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – научить студентов работе с экспериментальными данными по параметрам кристаллов, основным способам описания систем многих частиц с взаимодействием, методам вычислений спектров колебаний, зонной структуре электронов, связи конкретных данных с теоретическим описанием из первых принципов основных параметров твердого тела.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс двухсеместровый.

Знания, полученные при изучении курса «Теоретическая физика твердого тела» необходимы для освоения макроскопической электродинамики, теории фазовых переходов, уравнений состояния вещества, теории сверхпроводимости и многих специализированных дисциплин по теоретической и экспериментальной физике, изучаемых студентами старших курсов. Данный курс фактически завершает базовую часть теоретической физики как студентов-теоретиков, так и студентов- экспериментаторов.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
УК-4 [1] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	З-УК-4 [1] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия У-УК-4 [1] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия В-УК-4 [1] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<p>участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты;</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств</p>

			самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.
создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	ПК-2 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 40.008	З-ПК-2[1] - Знать методики оценки и выбора методов исследования.; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.
<b>производственно-технологический</b>			
- квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства,	ПК-9 [1] - Способен проводить математическое и компьютерное моделирование объектов, систем,	З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования

<p>математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров</p>	<p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>процессов и явлений в избранной предметной области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 40.011</p>	<p>объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области. ; У-ПК-9[1] - Уметь применять методы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области; В-ПК-9[1] - Владеть навыками математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений</p>
<p>экспертно-аналитический</p>			
<p>сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий;</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен к построению аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>3-ПК-10[1] - Знать основные методы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь применять методы и принципы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе для решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору</p>

			на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера
--	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	6/18/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
2	Второй раздел	9-16	6/18/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4

	<i>Итого за 1 Семестр</i>		12/36/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	5/17/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
2	Второй раздел	9-15	5/18/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		10/35/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2,

							У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, З-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	12	36	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	6	18	0
1	<b>Конденсированное состояние системы макроскопического числа частиц с произвольным взаимодействием.</b> Конденсированное состояние системы макроскопического числа частиц с произвольным взаимодействием. Кристаллическая и аморфная фазы. Квантовые жидкость и газ.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Колебания атомов в произвольном твердом теле.</b> Колебания атомов в произвольном твердом теле. Адиабатическое приближение. Система уравнений движения и набор собственных частот в гармоническом приближении.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Кристаллическая симметрия, элементарная ячейка.</b> Кристаллическая симметрия, элементарная ячейка. Одно- и многоатомные кристаллы. Примеры одномерных кристаллов. Система уравнений движения атомов элементарной ячейки. Квазиволновой вектор.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Колебания атомов линейного одноатомного кристалла.</b> Колебания атомов линейного одноатомного кристалла. Акустический спектр. Отношение смещений соседних атомов, групповая и фазовая скорости распространения волн смещений.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

5	<b>Спектр колебаний двухатомного кристалла.</b> Спектр колебаний двухатомного кристалла. Акустические и оптические частоты. Скорости распространения и относительные смещения атомов	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
6 - 8	<b>Обратная решётка и её базис. Квантование колебаний атомов. Фононы.</b> Периодическая зависимость собственных частот и векторов смещения от квазиволнового вектора. Обратная решётка и её базис. Длинноволновое приближение для частот и амплитуд смещения атомов в произвольном кристалле. Числа акустических и оптических частот. Квантование колебаний атомов. Фононы. Оператор смещения и его матричные элементы. Средний квадрат смещения атома.	Всего аудиторных часов		
		1	8	0
		Онлайн		
9-16	<b>Второй раздел</b>	6	18	0
		Всего аудиторных часов		
		1	2	0
9	<b>Термодинамика колеблющегося кристалла.</b> Термодинамика колеблющегося кристалла. Тепловая энергия и теплоёмкость. Температурное поведение теплоёмкости. Дебаевское приближение. Уравнение состояния.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
10	<b>Температурное поведение среднего квадрата смещения любого атома в кристалле</b> Температурное поведение среднего квадрата смещения любого атома в кристалле. Неустойчивость 1- и 2-х мерных кристаллов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
11	<b>Эффект Мёссбауэра.</b> Эффект Мёссбауэра. Вероятность эффекта и её температурное поведение. Восстановление характеристик кристаллов по анализу вероятности эффекта в разных системах.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
12	<b>Рассеяние внешнего излучения на колеблющемся кристалле.</b> Рассеяние внешнего излучения на колеблющемся кристалле. Вероятность рассеяния в приближении тонкого кристалла.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
13 - 14	<b>Упругое и неупругое когерентное рассеяние. Упругое и неупругое некогерентное рассеяние нейтронов.</b> Упругое и неупругое когерентное рассеяние. Восстановление фононного спектра кристаллов по результатам неупругого однофононного рассеяния нейтронов. Времена жизни фононов. Упругое и неупругое некогерентное рассеяние нейтронов. Восстановление функции плотности фононных частот.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
15 - 16	<b>Гамильтониан системы взаимодействующих магнитных моментов атомов в ферромагнетике. Термодинамика ферромагнетика.</b> Гамильтониан системы взаимодействующих магнитных моментов атомов в ферромагнетике. Преобразование гамильтониана к представлению с выделенной магнитным полем осью. Основное состояние и возбуждение магнонов. Термодинамика ферромагнетика. Температурное поведение теплоёмкости и макроскопического магнитного	Всего аудиторных часов		
		1	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

	момента. Ферромагнетизм как пример фазового перехода 2-го рода.			
	2 Семестр	10	35	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	5	17	0
1	<b>Электронная ветвь возбуждения в кристаллах.</b> Электронная ветвь возбуждения в кристаллах. Плазменная модель переходного металла. Гамильтониан электрон-ионной системы. Условие электронейтральности. Невзаимодействующий электронный газ, его основные характеристики, уравнение состояния.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
2	<b>Взаимодействующий электронный газ.</b> Взаимодействующий электронный газ. Обменное взаимодействие. Корреляция в положении электронов. Структура корреляционной энергии. Вигнеровский кристалл. Нулевая модель металла и проблема металлического водорода.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
3 - 4	<b>Электрон-ионное взаимодействие в неоднородном случае. Косвенные взаимодействия между ионами и звук в металле.</b> Электрон-ионное взаимодействие в неоднородном случае. Диэлектрическая проницаемость электронного газа. Поляризационный оператор. Экранировка внешнего заряда электронным газом различной плотности. Фриделевские осцилляции. Собственные возбуждения в электронном газе, плазмоны. Косвенные взаимодействия между ионами и звук в металле. Скорость звука. Одночастичные возбуждения в электронном газе металла. Работа выхода.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
5 - 6	<b>Зонная структура спектра. Электроны металла во внешнем поле</b> Одноэлектронное приближение. Уравнение Шредингера для электрона в поле периодического потенциала. Зонная структура спектра. Волновые функции Блоха. Операторы координаты и скорости зонного электрона. Движение в классическом электрическом и магнитном полях. Эффективные массы электронов.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
7 - 8	<b>Статистика заполнения электронами состояний в зонах. Электронные спектры</b> Статистика заполнения электронами состояний в зонах. Классификация кристаллов. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Приближения: а) почти свободных электронов; б) сильной связи. Электронные спектры. Зоны Бриллюэна.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	5	18	0
9	<b>Движение электронов в узкой зоне.</b> Движение электронов в узкой зоне. Роль кулоновского взаимодействия. Модель Хаббарда. Переход "металл-диэлектрик". Спиновое упорядочение электронов.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
10	<b>Термодинамика электронных возбуждений в металлах.</b> Термодинамика электронных возбуждений в металлах. Теплоемкость и тепловое расширение электронной системы. Полупроводники собственные и примесные.	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
0	0	0	0	

	Концентрация носителей. Спектр мелких примесей. Экситоны в полупроводниках.			
11 - 12	<b>Электрон-фононное взаимодействие.</b> Электрон-фононное взаимодействие. Гамильтониан Фрелиха. Изменение полной энергии системы электронов и фононов.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 15	<b>Электрон-фононное взаимодействие (продолжение).</b> Поправка к энергии отдельного электрона и частота фонона, времена жизни электронов и фононов.	Всего аудиторных часов		
		2	5	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе «Теоретическая физика твердого тела» используются традиционные и современные образовательные технологии: лекции (с визуализацией), семинарские занятия с разбором задач и примеров.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15

ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
УК-4	З-УК-4	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УК-4	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УК-4	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Киттель Ч., М.: МедиаСтар, 2006
2. 539.2 Н63 Сборник задач по курсу "Физика твердого тела" : , Маймистов А.И., Николаев И.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2009
3. ЭИ К12 Теоретическая физика твердого тела : , Собакин В.Н., Каган Ю.М., Ивлиев С.В., М.: МИФИ, 2009

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Методические рекомендации по освоению теоретического материала.

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу. Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой почти бесполезно только читать предложенный материал.

Следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала. Все, что осталось непонятым, следует спросить у преподавателя на ближайшем занятии. Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить теоретическую физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. То же касается и разбора лекционного материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами.

Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие.

Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.

Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.

Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность.

Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.

Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если вы решаете задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Не следует бояться непривычно длинных математических выкладок, т.к. подобные «длинные» задачи приближены к реальным задачам, с которыми вы можете столкнуться в будущем в научной или другой работе.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам.

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения домашних заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение домашних заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и

результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Никаких особых требований к оформлению работ нет. Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу. Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций, вызов студентов к доске для решения текущих задач, самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения, показ преподавателем на доске решения типовых задач, самостоятельные работы.

### Организация контроля

Контроль знаний осуществляется и путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На основании этих результатов выставляется внутрисеместровый зачет/экзамен.

### Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к аттестации необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время аттестации студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Ивлиев Сергей Владимирович, к.ф.-м.н.

Собакин Виктор Николаевич, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Юрий Николаевич Девятко, к.ф.-м.н., доцент