

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кемеровский государственный университет
Институт фундаментальных наук



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФН
А. М. Гудов
2016 г.

**Рабочая программа дисциплины
Методы электронной теории твердого тела**

Направление подготовки
03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки
«Физика конденсированного состояния»

Уровень магистратуры

Форма обучения
очная

Кемерово 2016

Рабочая программа дисциплины утверждена Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 7 от 20 февраля 2012 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 7 от 25 февраля 2013 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 9 от 17 февраля 2014 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 11 от 20 февраля 2015 г.)

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры теоретической физики
Зав. кафедрой А. С. Поплавной

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по направлению <i>Физика</i> ...	4
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры	6
3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	6
3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах).....	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	7
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	7
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	13
6.1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине.....	13
6.2 Типовые контрольные задания или иные материалы.....	13
6.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций.	17
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	19
а) основная учебная литература:.....	19
б) дополнительная учебная литература:.....	19
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.....	19
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	20
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	20
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	20
12. Иные сведения и (или) материалы	21
12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	21
12.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	21

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по направлению *Физика*

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки	<p>Знать: 1. современные проблемы и задачи теории твердого тела, 2. основные направления развития теории и методов компьютерного моделирования, 3. основополагающие представления о кристаллическом строении, методов его экспериментального исследования и математического описания, 4. основополагающие представления теории колебаний атомов в кристаллической решетке и методов их математического описания, 5. основополагающие представления теории термодинамических, упругих свойств кристаллов и методов их математического описания, 6. методы оценки преимуществ и недостатков программных решений, обеспечивающих проведение исследования, 7. потенциальные возможности методов проведения исследований и работ, 8. методы определения достоверности полученных результатов.</p> <p>Уметь: 1. проводить вычислительное моделирование для обеспечения современного уровня научных исследований, 2. определять качественные и количественные параметры кристаллической структуры; проводить интерпретацию имеющихся экспериментальных и прогнозировать новые данные о материалах, 3. определять качественные и количественные параметры колебательной структуры кристаллов; проводить интерпретацию экспериментальных данных, 4. определять качественные и количественные параметры тепловых, механических свойств кристаллов; проводить интерпретацию экспериментальных данных.</p> <p>Владеть: 1. современными компьютерными технологиями исследования физических свойств кристаллических систем, 2. методами описания структуры и симметрии кристаллов, 3. современными компьютерными технологиями расчета собственных векторов и фононных частот на основе пакета CRYSTAL, 4. методами расчёта термодинамических, упругих свойств кристаллов.</p>

ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	<p>Знать: 1. основы зонной структуры кристаллов, 2. основы химической связи в кристаллах, 3. теоретические основы взаимодействия квазичастиц, 4. об электронной и атомной структуре поверхности реальных кристаллов, 5. об оптических свойствах кристаллов.</p> <p>Уметь: 1. определять качественные и количественные параметры зонной структуры кристаллов; проводить интерпретацию экспериментальных данных, 2. определять качественные и количественные параметры химической связи кристаллов; проводить интерпретацию экспериментальных данных, 3. определять качественные и количественные параметры электрон-фононного взаимодействия в кристаллах, 4. определять качественные и количественные параметры электронного и атомного строения поверхности кристаллов, 5. определять качественные и количественные параметры оптических спектров кристаллов.</p> <p>Владеть: 1. методами расчёта зонной структуры, современными компьютерными технологиями расчета на основе пакета CRYSTAL, 2. методами исследования межатомных взаимодействий и химической связи в твердых телах, 3. методами учета электрон-фононного взаимодействия в твердых телах, 4. современными компьютерными технологиями исследования поверхности кристаллических систем, 5. методами расчета оптических свойств кристаллических систем.</p>
--------------	---	---

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Методы электронной теории» относится к профессиональному циклу подготовки и входит в обязательную программу обучения магистров.

Дисциплина базируется на учебных курсах «Квантовой теории», «Теории конденсированного состояния», «Теоретической механике», «Электродинамики», «Термодинамики», «Симметрии в физике твердого тела». Входными являются знания основ квантовой теории твердого тела, электронного строения атома и атомных систем, теории симметрии, языков программирования, операционных систем и умениями осуществлять математические выкладки с использованием аппарата квантовой теории, работы с пакетами прикладных программ, поиска научной информации прикладного характера. Данная дисциплина подготовит студента к самостоятельным исследованиям физических свойств кристаллов с помощью пакетов прикладных программ, будет способствовать выполнению курсовых и дипломных работ, написанию магистерских диссертаций, участию в научных конференциях.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетные единицы (3Е), 144 академических часа.

3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54
Аудиторная работа (всего):	54
в т. числе:	
Лекции	18
Практические занятия	18
Лабораторные работы	18
Внеаудиторная работа (всего):	0
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	54
Вид промежуточной аттестации обучающегося (экзамен)	36

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий
(в академических часах)**

№ п/ п	Раздел дисциплины	Общая трудоёмкость (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудо- емкость (в часах)				Формы теку- щего контро- ля успеваемо- сти	
			аудиторные учебные занятия		Самостоятель- ная работа обучающихся			
			все- го	лекции	практические занятия			
1.	Задачи, методы и результаты теоретического исследования физических свойств кристаллов. Структура и симметрия.	22		4	4	4	10	Реферат. Индивидуальная работа.
2.	Методы расчетов зонной структуры твердого тела, исследования межатомных взаимодействий и химической связи в твердых телах. Оптические свойства твердых тел.	34		6	6	6	16	Реферат. Индивидуальная работа.
3.	Методы расчетов колебаний кристаллической решетки, исследования упругих и термодинамических свойств твердых тел.	26		4	4	4	14	Реферат. Индивидуальная работа.
4.	Электрон-фононное взаимодействие в твердых телах.	14		2	2	2	8	Реферат. Индивидуальная работа.
5.	Свойства поверхности твердых тел	12		2	2	2	6	Реферат. Индивидуальная работа.
Всего за 1 семестр		144	18	18		18	54	экзамен 36

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Задачи, методы и результаты теоретического исследования физических свойств кристаллов. Структура и симметрия.	Современные проблемы и задачи теории твердого тела. Вычислительное моделирование как инструмент обеспечения современного уровня научных исследований и проектных работ в области физики твердого тела, в том числе в нано-размерном диапазоне. Основные направления развития теории и методов моделирования. Пакеты прикладных программ. Коммерческие и некоммерческие продукты. Кристаллическая решетка: решетка Бравэ, Вигнера-Зейтца, классификация кристаллических структур, кристаллографические обозначения. Основные типы кристаллических структур: алмаза, каменной соли, хлорида цезия, сфалерита, вюрцитта, куприта. Обратная решетка и зона Бриллюэна, структурный фактор, экспериментальные методы исследования структуры твердых тел. Краткие сведения из теории симметрии: определения и обозначения, операции симметрии, представления и таблица характеров. Расчет оптимальной геометрии, полной энергии и зонной структуры молекул и кристаллов.
<i>Темы лекций</i>		
1.1.	Компьютерное моделирование физических свойств кристаллов.	
1.2	Структура и симметрия твердых тел.	
<i>Темы практических занятий</i>		
1.1.	Применение пакетов ABINIT и CRYSTAL к исследованию физических свойств молекул и твердых тел.	
1.2	Расчет оптимальной геометрии, электронной структуры, полной энергии, энергии связи молекул на примере H_2	
<i>Темы лабораторных занятий</i>		
1.1	Программа CRYSTAL. Принципы реализации: псевдопотенциалы, базис псевдоатомных орбиталей. Описание и подготовка расчетных заданий.	
1.2	Расчет оптимальной геометрии, электронной структуры, полной энергии, энергии связи молекул для молекул N_2 , O_2	
2	Методы расчетов зонной структуры твердого тела, исследования межатомных взаимодействий и химической связи в твердых телах. Оптические свойства твердых тел	Зонный характер электронного спектра в кристалле. Классификация твердых тел по зонному спектру. Свойства блоховских функций и энергий. Влияние симметрии кристалла на классификацию электронных состояний. Схемы представления зонного спектра. Зонный спектр алмазоподобных полупроводников. Методы расчета зонного спектра. Метод слабой связи. Метод сильной связи. Спин-орбитальное взаимодействие. Гибридизация атомных состояний. Плотность электронных состояний. Поверхность Ферми. Расчет зонной структуры и плотности состояний в кристаллах. Основные положения теории металлов Друде. Химический потенциал и теплоемкость в теории металлов Зоммерфельда. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь. Плотность валентного заряда. Природа химической связи. Расчет силовых констант межатомного взаимодействия, зарядов. Заселенности перекрывания и распределения валентного заряда в кристаллах. Определение параметров уравнения состояния. Вы-

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
		числение барических зависимостей параметров решетки, зарядов, распределений электронной плотности, плотностей электронных состояний и ширин запрещенных зон. Оптические свойства. Макроскопическая электродинамика. Экспериментальное определение оптических параметров. Соотношения Крамерса-Кронига. Диэлектрическая функция. Комбинированная плотность состояний и сингулярности Ван Хова. Прямой и непрямой край поглощения. «Запрещенный» прямой край поглощения. Расчет оптических функций кристаллов.
<i>Темы лекций</i>		
2.1.	Основы зонной теории твердого тела	
2.2	Межатомные взаимодействия, силы сцепления в твердых телах	
2.3	Компьютерное моделирование оптических свойств твердых тел	
<i>Темы практических занятий</i>		
2.1.	Расчет оптимальной геометрии, полной энергии и зонной структуры кристаллических нитридов серебра.	
2.2	Расчет зарядов, заселенностей связей и распределения электронной плотности NaCl	
2.3	Расчет линейного и нелинейного оптического отклика кристаллов на примере GaAs. Вычисление мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости и интерпретация оптических свойств этого кристалла.	
<i>Темы лабораторных занятий</i>		
2.1.	Одномерная структура - нанотрубка. Вычисление и построение карт электронной плотности.	
2.2	Трехмерная структура - кристалл. Тестовые расчеты по выбору оптимальных базиса и функционала на примере NaCl.	
2.3	Влияние давления на структурные и электронные свойства твердых тел на примере NaCl.	
3	Методы расчетов колебаний кристаллической решетки, исследования упругих и термодинамических свойств твердых тел.	Классическая теория гармонической решетки. Гармоническое приближение для потенциальной энергии кристалла. Силовая матрица, ее свойства. Акустические моды. Оптические моды. Свойства колебаний. Динамическая матрица. Вектора поляризации, их свойства. Квантовая теория колебаний решетки. Уравнение Шредингера в гармоническом приближении для потенциальной энергии. Фононы в кристаллах. Модели для вычисления дисперсионных кривых фононов в кристалле. Расчет собственных векторов и фононных частот, диэлектрических констант, эффективных зарядов, LO-TO расщепления в кристаллах. Термодинамические свойства кристаллов. Средняя энергия классического и квантового гармонического осциллятора. Закон Дюлонга-Пти. Модели теплоемкости Дебая и Эйнштейна. Уравнение состояния твердого тела. Тепловое расширение. Параметр Грюнайзена. Элементы теории упругости. Связь теории колебаний с теорией упругости. Тензоры деформации и напряжений. Модули упругости. Закон Гука. Простые напряженные состояния. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Звуковые волны в кристаллах. Расчет упругих и пьезоэлектрических констант, тензора напряжений, упругих модулей кубических и гексагональных кристаллов.
<i>Темы лекций</i>		
3.1.	Колебания кристаллической решетки	
3.2	Упругие и термодинамические свойства твердых тел	

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
Темы практических занятий		
3.1.		Расчет собственных векторов и фононных частот в центре и в боковых точках зоны Бриллюэна, диэлектрических констант, эффективных зарядов, LO-TO расщепления в кристаллах $A^{III}B^V$.
3.2		Расчет упругих и пьезоэлектрических констант, тензора напряжений, упругих модулей кубических и гексагональных кристаллов. Расчет уравнения состояния, межатомных силовых констант и термодинамических свойств: внутренней, свободной энергии, энтропии и силовых констант на примере SiO_2
Темы лабораторных занятий		
3.1.		Вычисление частот колебаний, их интенсивностей в ИК- и КР- спектрах. Вычисление в гармоническом приближении теплоемкости, энтропии, свободной энергии на примере $NaCl$.
3.2		Расчет упругих постоянных, модулей сжатия, сдвига, Юнга, твердость, коэффициент Пуассона, скоростей звука, температуры Дебая на примере $NaCl$.
4	Электрон-фононное взаимодействие в твердых телах	Взаимодействие электронов с акустическими фононами. Деформационный потенциал. Взаимодействие электронов с продольными оптическими фононами. Поляроны. Расчет матричных элементов электрон-фононного взаимодействия и электрон-фононных констант.
Темы лекций		
4.1.		Электрон-фононное взаимодействие
Темы практических занятий		
4.1.		Расчет основного состояния, фононной и электронной структуры ГЦК Al. Расчет матричных элементов электрон-фононного взаимодействия и определение электрон-фононных констант
Темы лабораторных занятий		
4.1.		Расчет основного состояния, фононной и электронной структуры MgO .
5	Свойства поверхности твердых тел	Граница раздела твердое тело – вакуум. Релаксация и реконструкция поверхности. Поверхностная энергия. Равновесная форма пространственно-ограниченного твердого тела. Строение реальной поверхности твердого тела. Граница раздела твердое тело – газ. Энергия связи атомов с поверхностью. Адсорбция и десорбция. Расчет геометрии и электронной структуры поверхности кристаллов.
Темы лекций		
5.1.		Свойства и компьютерное моделирование поверхности твердых тел
Темы практических занятий		
5.1.		Расчет геометрии и полной энергии Al. Определение поверхностной энергии в зависимости от выбранной поверхности и числа слоев. Релаксация поверхности. определение координат атомов и их зарядов.
Темы лабораторных занятий		
5.1.		Вычисление поверхностной энергии, смещений атомов на поверхности, поверхностных электронных состояний, плотности состояний для различных слоев, атомных зарядов, распределения электронной плотности.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Вопросы и задания для самостоятельной работы:

1. Перечислите наиболее важные на ваш взгляд проблемы физики твердого тела.
2. В чем состоит преимущество теории и моделирования?
3. Опишите кристаллическую структуру арсенида галлия и определите кратчайшее межатомное расстояние, если постоянная решетки равна 5.65 \AA .
4. Укажите координационные числа для структуры куприта (Cu_2O).
5. Укажите зависимость расстояния между ближайшими атомами в ГЦК решетки от её постоянной.
6. Определите угол между кристаллографическими направлениями $[0,0,1]$ и $[1,1,1]$ в кубическом кристалле.
7. В кубическом кристалле постройте плоскости с индексами Миллера $\{1,1,0\}$.
8. Дайте физическое толкование понятию первой зоны Бриллюэна.
9. Как определяется рентгеновская плотность монокристалла?
10. Докажите, что точка пересечения четной оси симметрии с перпендикулярной ей плоскостью симметрии есть центр симметрии.
11. Почему в кристаллической решетке могут существовать поворотные оси симметрии только 1, 2, 3, 4 и 6-го порядков?
12. Сколько фононных ветвей будет в кристалле, элементарная ячейка которого содержит 2 атома?
13. Какими свойствами обладает динамическая матрица?
14. Как называются колебания, при которых центр тяжести элементарной ячейки не смещается?
15. Что описывают силовые постоянные?
16. Какому соотношению удовлетворяют статическая и высокочастотная диэлектрические проницаемости?
17. В чем принципиальная схожесть и различие ТА и LA фононов?
18. Почему в кристаллическом Si TO и LO фононы вырождены в центре зоны?
19. Какие силы определяют частоты фононов?
20. В чем состоит закон Дюлонга и Пти?
21. Какова зависимость дебаевской теплоемкости от температуры в кристалле?
22. Какая величина носит название температуры Дебая?
23. Что выражает параметр Грюнайзена?
24. как называется тензор, который связывает между собой деформацию и приложенное напряжение?
25. Как определяется объемный модуль упругости?
26. Какой физический смысл имеет модуль Юнга?
27. Как с помощью теории упругости можно рассчитать скорости звуковых волн в кристаллах?
28. В чем принципиальное отличие валентных зон и зон проводимости?
29. По какому зонному принципу разделяются проводники и диэлектрики? Есть ли принципиальная разница между полупроводниками и диэлектриками?.
30. Почему метод псевдопотенциала получил широкое распространение в практических расчетах зонной структуры? Что выгодно отличает его от других методов.
31. Как проявляется спин-орбитальное взаимодействие в зонном спектре кристаллов?
32. В каких единицах измеряется плотность электронных состояний?
33. Сформулируйте основные положения теории Друде.
34. Какое взаимодействие определяет образование кристаллов инертных газов?
35. Какое взаимодействие является доминирующим в кристалле каменной соли?
36. В чем состоит механизм ковалентной связи?

37. Какое распределение имеет электронная плотность в металле?
38. Какая химическая связь в кристалле является наиболее прочной и почему?
39. Кем и когда был предложен метод деформационного потенциала?
40. Какие операторы используются для описания взаимодействия электронов и фононов?
41. Каков порядок величины константы деформационного потенциала?
42. Благодаря чему в ионных кристаллах происходит сильное взаимодействие электронов с оптическими фононами?
43. Какую константу используют для характеристики связи электрона с продольными оптическими фононами?
44. Какую квазичастицу называют поляроном?
45. В каких единицах измеряются компоненты электромеханического тензора?
46. Как в общем виде записывается междудолинный деформационный потенциал?
47. Почему изучение поверхностных свойств материалов в настоящее время является столь актуальным?
48. Что понимается под термином релаксация поверхности?
49. При каких условиях происходит реконструкция поверхности?
50. Дайте определение поверхностной энергии?
51. Чем физическая форма адсорбции отличается от химической?
52. Как определяется коэффициент аккомодации энергии?
53. Как используется симметрия при анализе оптических спектров кристаллов?
54. Что позволяет сравнение теоретических и экспериментальных оптических спектров?
55. Для чего используются соотношения Крамерса-Кронига?
56. Какую информацию несут критические точки?
57. Что называется краем фундаментального поглощения?

- Изучите кристаллическую структуру (группа симметрии, постоянные решетки, координаты атомов, длины связей) объекта исследования.
- Используя справочные данные (Физические величины. Справочник под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991, другие издания, используя поисковые системы ИНТЕРНЕТ) установите известные физические свойства объекта исследования.
- Используя предложенный перечень научных статей и поисковые системы (scopus.com) изучите ранее выполненные теоретические и экспериментальные исследования электронных свойств объекта исследования. Результаты оформите в виде литературного обзора («Введение»).
- Исходя из данных литературного обзора сформулируйте цель и задачи вашей работы, на основании которых выберите адекватный метод исследования.
- Различными подходами (базис, обменно-корреляционный потенциал, псевдопотенциал, энергия обрезки, количество точек в схеме Монхорста-Пака и т.п.) выполните расчеты равновесной геометрии объекта исследования и сравнением с экспериментальными данными выберите наилучшие параметры. Выполните пробные расчеты зонной структуры и сравнением с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными окончательно определите наилучшую расчетную схему. Результаты оформите в виде раздела «Метод расчета».
- Выполните расчет упругих постоянных, модулей упругости, скорости звуковых волн, температуры Дебая, параметра Грюнайзена, уравнения состояния, термодинамических функций объекта исследования. Сравните с ранее выполненными теоретическими и экспериментальными исследованиями и результаты оформите в виде раздела «Упругие и термодинамические свойства».
- Выполните расчет частот колебаний кристаллической решетки в центре и нескольких боковых точках зоны Бриллюэна. Сравните полученные частоты с данными КР- и ИК-

спектров (если имеются). Результаты оформите в виде раздела «Колебательная структура»

- Выполните расчет зонной структуры и плотности состояний объекта исследования. Нарисуйте зонную структуру, а количественные параметры приведите в таблице, вместе с данными других авторов (если имеются). Выполните расчет распределения электронной плотности в актуальных кристаллографических плоскостях и приведите их на графиках. Установите характер химической связи в кристаллах. Результаты оформите в виде раздела «Электронная структура».
- Выполните расчет электронных свойств поверхности для 2-4 слоев с учетом и без учета релаксации) (поверхностная энергия, заряды на поверхности, смещения атомов, энергетический спектр). Сопоставьте с имеющимися данными и результаты представьте в виде рисунков и таблиц в разделе «Поверхностные свойства»
- Выполните расчет оптических функций (комбинированная плотность состояний, диэлектрическая функция и т.п.), сил осцилляторов и вместе с зонной структурой опишите наблюдаемые (прогнозируемые в их отсутствии) оптические свойства объекта исследования. Результаты оформите в виде раздела «Оптические свойства»
- По результатам проделанной работы сформулируйте основные результаты и выводы, которые оформите в разделе «Заключение».

Объекты исследования:

- А. Фториды щелочных металлов (LiF, NaF, KF)
- Б. Хлориды щелочных металлов (LiCl, NaCl, KCl)
- В. Галогениды серебра (AgF, AgCl, AgBr)
- Г. Оксиды щелочных металлов (Li₂O, Na₂O, K₂O)
- Д. Оксиды щелочноземельных металлов (BeO, MgO, CaO)
- Е. Нитриды (AlN, GaN, InN - сфалерит)
- Ж. Е. Нитриды (AlN, GaN, InN - вюрцит)
- З. Арсениды (GaAs, InAs)
- К. Сульфиды (ZnS – все модификации)
- Л. Фосфиды (GaP, InP)
- М. Бориды (BN, BAs, BSb)

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	наименование оценочного средства
1.	Задачи, методы и результаты теоретического исследования физических свойств кристаллов. Структура и симметрия.	<i>ОПК – 5 (Знать: 1-3, 7, Уметь: 1,2, Владеть: 1,2)</i>	Реферат. Индивидуальное задание. Экзамен.
2.	Методы расчетов зонной структуры твердого тела, исследования межатомных взаимодействий и химической связи в твердых телах. Оптические свойства твердых тел.	<i>ОПК – 5 (Знать: 6-8) ОПК – 6 (Знать: 1,2,5, Уметь: 1,2,5, Владеть: 1,2,5)</i>	Реферат. Индивидуальное задание. Экзамен.
3.	Методы расчетов колебаний кристаллической решетки, исследования упру-	<i>ОПК – 5 (Знать: 4,5,7, Уметь: 3,4, Владеть: 3,4)</i>	Реферат. Индивидуальное задание. Экзамен.

	гих и термодинамических свойств твердых тел.		
4.	Электрон-фононное взаимодействие в твердых телах.	<i>ОПК – б (Знать: 3, Уметь: 3, Владеть: 3)</i>	Реферат. Индивидуальное задание. Экзамен.
5.	Свойства поверхности твердых тел.	<i>ОПК – 5 (Знать: 7) ОПК – б (Знать: 4, Уметь: 4, Владеть: 4)</i>	Реферат. Индивидуальное задание. Экзамен.

6.2 Типовые контрольные задания или иные материалы

Темы рефератов:

1. Теоретические методы, используемые в моделировании
2. Перспективные методы в моделировании
3. Пакеты прикладных программ, используемых в моделировании
4. Экспериментальные методы измерения постоянных решетки кристалла
5. Гармоническое приближение
6. Достоинства и недостатки модели силовых постоянных
7. Уравнения состояния твердого тела
8. Упругие постоянные в кубических кристаллах
9. Метод псевдопотенциала
10. Образование энергетических зон с точки зрения модели сильной связи
11. Метод линейных комбинаций атомных орбиталей (ЛКАО)
12. Вычисление зонной структуры по методу сильной связи
13. Структура валентных зон германия и кремния
14. Теории металлов Зоммерфельда и Друде
15. Физические свойства ковалентных и ионных кристаллов
16. Механизм образования химической связи GaAs
17. Экспериментальные методы определения характера химической связи в кристалле
18. Поверхностные состояния электронов
19. Локализованный поверхностный плазмон
20. Прямые и непрямые межзонные переходы
21. Величины, характеризующие оптические свойства
22. Экситонные эффекты
23. Комбинированная плотность состояний
24. Теоретический и экспериментальный спектры кристалла кремния

Примеры индивидуальных заданий:

1. Ознакомьтесь со статьей: M.B. Kanoun, S. Goumri-Said . Investigation of structural stability and electronic properties of CuN, AgN and AuN by first principles calculations // Physics Letters A 362 (2007) 73–83. Выполните с помощью пакета ABINIT или CRYSTAL в LDA и GGA приближениях обменно-корреляционного потенциала оптимизацию геометрии кристаллов CuN, AgN в структурах каменной соли, хлорида цезия, сфалерита и вюрцита. Вычислениями зависимости полной энергии от объема определите параметры уравнения состояния Мурнагана. Рассчитайте упругие постоянные и сделайте заключение о возможности существования кристаллов в одной из фаз. Установите, какая структурная фаза будет наиболее стабильной. Для этой фазы выполните расчет зонной структуры и плотности состояний и опишите физические свойства этого гипотетического соединения.

- ния. Проведите сравнение полученных вами параметров зонной структуры: ширины валентной, запрещенной зон с параметрами, полученными в указанной статьей.
2. Ознакомьтесь со статьей: R. Yu and X. F. Zhang . Family of noble metal nitrides: First principles calculations of the elastic stability // PHYSICAL REVIEW B **72**, 054103 (2005). Выполните с помощью пакета ABINIT или CRYSTAL в LDA и GGA приближениях обменно-корреляционного потенциала оптимизацию геометрии кристалла AgN_2 в структурах флюорита. Вычислениями зависимости полной энергии от объема определите параметры уравнения состояния Мурнагана. Рассчитайте упругие постоянные и сделайте заключение о возможности существования кристалла в этой фазе. Установите как структурная фаза будет наиболее стабильной. Для этой фазы выполните расчет зонной структуры, плотности состояний, фононных частот и опишите физические свойства этого гипотетического соединения. Проведите сравнение полученных вами параметров зонной структуры: ширины валентной, запрещенной зон с параметрами, полученными в указанной статьей.
 3. Ознакомьтесь со статьей R.D. Eithiraj , G. Jaiganesh, G. Kalpana and M. Rajagopalan. First-principle study of electronic structure and ground state properties of alkali metal sulphides – Li_2S , Na_2S , K_2S and Rb_2S // Phys. Stat. Sol (b) (2009). Используя программный пакет CRYSTAL, вычислите оптимальные параметры кристаллической структуры, объемный модуль упругости и его производную. Путем сопоставления с экспериментальными данными и результатами расчетов других авторов подберите наилучшую расчетную модель и в ней рассчитайте электронную и колебательную структуру кристаллов.
 4. Ознакомьтесь со статьей Ž. Čančarević, J. C. Schön, and M. Jansen. Stability of alkali-metal oxides as a function of pressure: Theoretical calculations// PHYSICAL REVIEW B **73**, 224114 (2006). Используя программный пакет CRYSTAL проведите исследования влияния давления на структурные и механические свойства оксидов щелочных металлов. Путем сопоставления с экспериментальными данными и результатами расчетов других авторов сделайте вывод о стабильности тех или иных структурных фаз.
 5. Ознакомьтесь со статьей Agostino Zoroddu, Fabio Bernardini, and Paolo Ruggerone, Vincenzo Fiorentini. First-principles prediction of structure, energetics, formation enthalpy, elastic constants, polarization, and piezoelectric constants of AlN, GaN, and InN: Comparison of local and gradient-corrected density-functional theory // PHYSICAL REVIEW B, VOLUME 64, 045208 с помощью программного пакета CRYSTAL определите оптимальную кристаллическую структуру GaN, AlN, InN (сфалерит или вюрцит). Вычислите термодинамические функции, упругие и пьезоэлектрические постоянные, энергетический спектр электронов, фононный спектр этих кристаллов. Проведите сравнение с результатами других авторов и дайте описание физических и физико-химических свойств.
 6. Ознакомьтесь со статьей M. Fuchs, J. L. F. Da Silva, C. Stampfl, J. Neugebauer, and M. Scheffler. Cohesive properties of group-III nitrides: A comparative study of all-electron and pseudopotential calculations using the generalized gradient approximation // PHYSICAL REVIEW B, VOLUME 65, 245212 с помощью программного пакета CRYSTAL определите оптимальную кристаллическую структуру GaN, AlN, InN (сфалерит или вюрцит). Вычислите термодинамические функции, упругие постоянные, энергетический спектр электронов, фононный спектр этих кристаллов. Проведите сравнение с результатами других авторов и дайте описание физических и физико-химических свойств, в том числе возможности их использования в качестве оптоэлектронных материалов.
 7. Ознакомьтесь со статьей D. Wolverson and D. M. Bird, C. Bradford, K. A. Prior, and B. C. Cavenett. Lattice dynamics and elastic properties of zinc-blende MgS// PHYSICAL REVIEW B, VOLUME 64, 113203 с помощью программного пакета ABINIT или CRYSTAL определите оптимальную кристаллическую структуру перспективного материала MgS (сфалерит или каменная соль). Вычислите упругие постоянные и фононный спектр и проведите сравнение с результатами других авторов, дайте описание физических и физико-химических свойств, прежде всего экспериментальных КР-спектров..

8. Ознакомьтесь со статьей V. I. Gavrilko and R. Q. Wu. Linear and nonlinear optical properties of group-III nitrides // PHYSICAL REVIEW B, VOLUME 65, 245212 с помощью программного пакета ABINIT определите оптимальную кристаллическую структуру GaN, AlN, BN (сфалерит или вюрцит). Вычислите энергетический спектр электронов и оптические функции этих кристаллов. Проведите сравнение с результатами других авторов, экспериментальными данными и дайте описание оптических свойств, в том числе возможности их использования в качестве перспективных оптоэлектронных материалов для светодиодов, твердотельных лазеров и оптических детекторов.
9. Ознакомьтесь со статьей Ravindra Pandey, Michel Re' rat and Clovis Darrigan, Mauro Causa. A theoretical study of stability, electronic, and optical properties of GeC and SnC // JOURNAL OF APPLIED PHYSICS **88**, N 11 (2000). помошью программного пакета CRYSTAL, ABINIT определите оптимальную кристаллическую структуру GeC, SiC, SnC (сфалерит). Вычислите упругие и диэлектрические постоянные, статическую поляризумость, энергетический спектр электронов, оптические функции этих кристаллов. Проведите сравнение с результатами других авторов, имеющимися экспериментальными данными и дайте описание физических и физико-химических свойств.
10. Ознакомьтесь со статьей T. Tsuchiya and K. Kawamura. Systematics of elasticity: Ab initio study in B1-type alkaline earth oxides // J. Chem. Phys. **114**, N. 22 (2001) помошью программного пакета CRYSTAL определите оптимальную кристаллическую структуру MgO, CaO (каменная соль). Вычислите упругие постоянные и все модули упругости. Найдите параметры известных форм уравнений состояния и опишите зависимость механических свойств этих кристаллов от давления.

Вопросы к экзамену:

1. Кристаллическая решетка: решетка Бравэ, Вигнера-Зейтца, классификация кристаллических структур, кристаллографические обозначения.
2. Основные типы кристаллических структур: алмаза, каменной соли, хлорида цезия, сфалерита, вюрцита, куприта.
3. Обратная решетка и зона Бриллюэна.
4. Краткие сведения из теории групп: определения и обозначения, операции симметрии. Представления и таблица характеров.
5. Тензор деформаций. Упругие постоянные и их физический смысл.
6. Упругие свойства кристаллов и поликристаллов
7. Уравнение состояния твердого тела
8. Термодинамические свойства кристаллов
9. Уравнение Шредингера в гармоническом приближении, Динамическая матрица
10. Фононы в кристаллах
11. Модели для вычисления дисперсионных кривых фононов в кристалле
12. Деформационный потенциал
13. Взаимодействие электронов с акустическими и оптическими фононами
14. Зонный характер электронного спектра в кристалле, Классификация твердых тел по зонному спектру.
15. Приближение слабого периодического потенциала. Энергетическая щель
16. Схемы представления зонного спектра
17. Методы расчета зонного спектра
18. Метод линейной комбинации атомных орбиталей
19. Плотность электронных состояний
20. Энергетические зоны в металлах
21. Энергетические зоны в полупроводниках и диэлектриках
22. Химическая связь в металлах
23. Химическая связь в ионных и ковалентных кристаллах
24. Полная энергия кристалла и определяемые ею характеристики

25. Плотность валентного заряда
26. Оптические свойства кристаллов
27. Макроскопическая электродинамика
28. Диэлектрическая функция и соотношения Крамерса-Кронига
29. Комбинированная плотность состояний и сингулярности Ван Хова
30. Прямой и непрямой край поглощения
31. Роль поверхности в физических явлениях
32. Электронные поверхностные состояния
33. Релаксация и реконструкция поверхности
34. Адсорбция и десорбция

6.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Компетенции, приобретенные в результате обучения, оцениваются на основе учета посещаемости, написанных рефератов, выполненных индивидуальных заданий и сданного экзамена.

Максимальное число баллов за текущую успеваемость - 60:

1. Посещение каждого лекционного, практического или лабораторного занятия оценивается в 1 балл.

2. Максимальная оценка реферата - 8 баллов. Оценка «удовлетворительно» (4-5 баллов) выставляется, если реферат оформлен согласно требованиям, присутствуют основные разделы в его структуре. Оценка «хорошо» (6-7 баллов) выставляется, если не только оформление, но и содержание реферата отвечает требованиям к выполнению рефератов. Оценка «отлично» (8 баллов) выставляется, если автор при написании реферата использовал источники максимально соответствующие современному состоянию исследований по рассматриваемой теме, нестандартно представил её. Кроме того, весьма важным здесь является личный вклад автора, который заключается в том, что изложение строится не как дубляж отдельного источника, а посредством проработки целого ряда различных источников.

Требования к написанию рефератов:

1. Правила оформления реферата

- При оформлении текста реферата следует учитывать, что открывается работа титульным листом, где указывается полное название учебного заведения, название учебного предмета, тема реферата, фамилии автора и преподавателя, место и год написания. На следующей странице, которая нумеруется сверху номером 2, помещается оглавление с точным названием каждой главы и указанием начальных страниц.
- Общий объем реферата не должен превышать 15-20 страниц для печатного варианта. Поля страницы: левое - 3 см., правое - 1,5 см., нижнее 2 см., верхнее - 2 см. до номера страницы. Текст печатается через 1,5 интервала. Если текст реферата набирается в текстовом редакторе Microsoft Word, рекомендуется использовать шрифты: Times New Roman Суг или Arial Суг, размер шрифта - 14 пт. При работе с другими текстовыми редакторами шрифт выбирается самостоятельно, исходя из требований - 60 строк на лист (через 2 интервала).
- Каждая структурная часть реферата (введение, главная часть, заключение и т.д.) начинается с новой страницы.

2. Структура реферата:

Введение. Раздел должен содержать постановку проблемы в рамках выбранной темы и обоснование выбора проблемы и темы. Во введении дается краткая характеристика изучаемой

темы, обосновывается ее актуальность, отмечается практическая значимость изучения данного вопроса, где это может быть использовано.

Основная часть. В данном разделе должна быть раскрыта тема. В основной части, как правило, разделенной на главы, необходимо раскрыть все пункты составленного плана, связно изложить накопленный и проанализированный материал. Излагается суть проблемы, различные точки зрения на нее, собственная позиция автора реферата. Важно добиться того, чтобы основная идея, выдвинутая во введении, пронизывала всю работу, а весь материал был нацелен на раскрытие главных задач. Каждый раздел основной части должен открываться определенной задачей и заканчиваться краткими выводами.

Заключение. В заключении подводятся итоги по всей работе, суммируются выводы, содержащие ясные ответы на поставленные в цели исследования вопросы, делаются собственные обобщения (иногда с учетом различных точек зрения на изложенную проблему), отмечается то новое, что получено в результате работы над данной темой. Заключение по объему не должно превышать введение. Следует избегать типичных ошибок: увлечение второстепенным материалом, уходом от проблемы, категоричность и пестрота изложения, бедный или слишком научообразный язык, неточность цитирования, отсутствие ссылок на источник.

Список литературы. Список использованной литературы завершает работу. В нем фиксируются только те источники, с которыми работал автор реферата.

Приложение. Приложение к реферату позволяет повысить уровень работы, более полно раскрыть тему. В состав приложений могут входить: копии документов, графики, таблицы, фотографии и т.д. Сообщается и источник, откуда взяты материалы, послужившие основой для составления приложения (литературный источник обязательно вносится в список использованной литературы).

Содержание (оглавление реферата). Содержание (оглавление) реферата – это перечисление глав реферата с указанием страниц их расположения. Формулировки оглавления должны точно повторять заголовки глав и подглав, параграфов в тексте, быть краткими и понятными.

3. Индивидуальные задания оцениваются по следующей системе: оценка 13-16 балла выставляется, если студент умеет определять и понимает постановку проблемы, а также делает первые шаги на пути её решения. При этом проблема полностью не решается, однако отдельные части решения должны быть выполнены. Оценка 17-21 балла выставляется в случае, если проблема решена, студент владеет методами её решения. Оценка 22-25 баллов выставляется, если выбран оптимальный метод решения проблемы, задание выполнено с осмыслением логических взаимосвязей и полученных результатов. Студент должен уметь доказательно объяснить действия необходимые для выполнения задания.

Максимальный аттестационный балл - 40:

На экзамене оценка выставляется согласно ответам на вопросы. 20-26 баллов выставляется, если студент владеет понятийным аппаратом, терминологией. 27-34 балла выставляется, если ответ содержит не только терминологические аспекты, но и понимание физического смысла. 35-40 баллов выставляется, если студент может объяснить рассматриваемый вопрос, ответить на дополнительные вопросы в рамках данного. При этом определяющее значение имеет не фактическое воспроизведение «на память» той или иной формулировки, формулы или выражения, а умение находить логические взаимосвязи, понимание сути вопроса.

Результирующая оценка определяется через сумму всех полученных баллов согласно таблице:

Сумма баллов для дисциплины	Оценка	Буквенный эквивалент
86 - 100	5	отлично
66 - 85	4	хорошо
51 - 65	3	удовлетворительно
0 - 50	2	неудовлетворительно

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

a) основная учебная литература:

1. И. А. Федоров, Т.П. Федорова. Применение пакета Firefly для компьютерного моделирования физико-химических свойств молекулярных кристаллов. Электронное учебно-методическое пособие: тексто-графические учебные материалы [Электронный ресурс] – Электрон. дан. (объем 1,4 Мб). Кемерово: КемГУ, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
2. Теория физических и физико-химических свойств сложных кристаллических соединений с различным типом химической связи" под общ. ред. Поплавного А.С. // Кемерово. - 2012. - 399 с.

б) дополнительная учебная литература:

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – New York: J. Wiley and Sons, 1957. –696 с. (– М.: Наука, 1978. –792 с.)
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука , 1977. –672 с.
3. А.И.Ансельм Введение в теорию полупроводников. СП.: Лань, 2008. – 624 с..
4. Журавлев Ю.Н. Химическая связь в полупроводниковых и диэлектрических кристаллах. Кемерово. 2009. – 208 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

<http://www.abinit.org> (Дата обращения: 10.01.2016)
<http://www.crystal.unito.it> (Дата обращения: 10.01.2016)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Следует внимательно изучить учебную программу дисциплины, характеризующую курс «Методы электронной теории твердого тела» и определяющую целевую установку. Это позволит чётко представлять, во-первых, круг изучаемых проблем, во-вторых, – глубину их постижения. Необходимо иметь подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемого курса. Список литературы предлагается в п. 7 рабочей программы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов: учебники, монографии и учебно-методические пособия.

Во время лекции по «Методы электронной теории твердого тела» студент должен уметь сконцентрировать внимание на рассматриваемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого ему необходимо конспектировать материал, излагаемый преподавателем. Во время конспектирования в работу включается моторно-двигательная память, позволяющая эффективно усвоить лекционный материал. Весь иллюстративный материал, представляемый на лекции (на слайдах, на доске, в раздаточном материале) также должен быть зафиксирован в конспекте лекций. Каждому студенту необходимо помнить о том, что конспектирование лекций – это не диктант. Студент должен уметь (или учиться уметь) выделять главное и фиксировать основные моменты «своими словами». Это гораздо более эффективно, чем запись «под диктовку».

Каждому студенту необходимо основательно закреплять полученные знания и вырабатывать навыки самостоятельной работы. Для эффективного достижения целей обучения по дисциплине «Методы электронной теории твердого тела», процесс изучения материала курса предполагает достаточно интенсивную работу не только на лекциях и семинарах, но и с различными информационными ресурсами в ходе самостоятельной работы на которую отводится

половина времени обучения. В рабочей программе приведены вопросы и задания для самостоятельной работы.

В процессе освоения дисциплины необходимо регулярно обращаться к списку рекомендованной (основной и дополнительной) литературы. При самостоятельном изучении раздела №2 особое внимание следует обратить на такие понятия как «природа химической связи», «заряды, заселенности перекрывания», «распределение валентного заряда», при изучении раздела №3 на понятия «гармоническое приближение» и «параметр Грюнайзена», а при изучении раздела №5 на такие принципиально важные понятия как «релаксация и реконструкция», «поверхностная энергия» и «адсорбция, десорбция».

При подготовке к экзамену особое внимание следует обратить на то, что целью курса является овладение теоретическими и информационными методами исследования и анализа физических свойств кристаллов, а также обучение описанию наблюдаемых и прогнозированию новых физических свойств кристаллических твердых тел, в том числе наноразмерных. В связи с этим, важным является не только заучивание набора фактов и формул, но также понимание сущности рассматриваемых явлений и свойств, понимание существующих взаимосвязей.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Microsoft Office Power Point
2. Программа CRYSTAL09 <http://www.crystal.unito.it> (Дата обращения: 10.01.2016)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Дисплейный класс, подключенный к сети ИНТЕРНЕТ, на 10 рабочих мест.
2. Мультимедийное оборудование: видеопроектор, электронная доска, ноутбук.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного (контекстного) обучения (визуализированная лекция с разбором конкретных ситуаций)
- Технология проблемного обучения (проблемная лекция)

применяемые на практических занятиях

- Технология активного (контекстного) обучения (коллективная работа малыми группами - исследовательская игра: группа разбивается на подгруппы, в каждой из которых назначается руководитель (определяет цели и задачи, назначает ответственных за отдельные задачи, координирует работу и представляет общее решение задачи) и исполнители (решают отдельные задачи))
- Технология деловой игры (имитационная соревновательная игра: малые группы получают одинаковое задание, распределяются по ролям (руководитель, ответств-

- венные исполнители) и выполняют его на скорость и качество, которое оценивается преподавателем)
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предлагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике)
 - Технология модульного обучения (самостоятельная работа с обучающей программой и с информационными базами данных)
 - Технология развивающего обучения (выполнение каждым обучающимся расчетов по образцу и предложенными инструкциями)
 - Технология дифференцированного обучения (решение научно-исследовательской задачи с применением расчетно-вычислительных методик и информационно-поисковых систем. Индивидуальное выполнение под контролем преподавателя научно-исследовательской задачи).

12.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Организационно-педагогическое сопровождение студента с ОВЗ направлено на контроль освоения образовательной программы в соответствии с графиком учебного процесса и типовым или индивидуальным учебным планом и включает в себя, при необходимости, контроль за посещаемостью занятий, помочь в организации самостоятельной работы, организацию индивидуальных консультаций, контроль по результатам текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации.

Для студентов с ОВЗ по слуху предусматривается применение сурдотехнических средств, таких как, техники для усиления звука, видеотехники, мультимедийной техники и других средств передачи информации в доступных формах для лиц с нарушениями слуха.

Для студентов с ОВЗ по зрению предусматривается применение технических средств усиления остаточного зрения, в том числе, специальные возможности операционных систем (электронные лупы, видеоувеличители), возможность масштабирования текста и другие средства передачи информации в доступных формах для лиц с нарушениями зрения.

Для студентов с нарушениями опорно-двигательной функции предусматривается применение компьютерной техники с соответствующим программным обеспечением (виртуальные лабораторные практикумы, мультимедийные учебные комплексы, тесты для самопроверки и контроля), а также, специальные возможности операционных систем, таких, как экранная клавиатура, и альтернативные устройства ввода информации.

В образовательном процессе для лиц с ОВЗ возможно использование различных форм организации on-line и off-line занятий (вебинары, виртуальные лекции, обсуждение вопросов освоения дисциплины в рамках видеосвязи, чатов, форумов), что дает возможность индивидуализации траектории обучения таких категорий граждан (индивидуализация содержания, методов, темпа учебной деятельности, внесения, при необходимости, требуемых корректировок в деятельность обучающегося и преподавателя). Электронное обучение, дистанционные образовательные технологии позволяют эффективно обеспечивать коммуникации студента с ОВЗ не только с преподавателем, но и с другими обучающимися в процессе познавательной деятельности.

Так как преподавание данной дисциплины осуществляется в мультимедийной аудитории, необходимый набор технических средств для работы со студентами с ОВЗ имеется.

Составители:

Корабельников Д. В., к.ф.-м.н., доцент кафедры теоретической физики
Журавлев Ю. Н., д.ф.-м.н., профессор кафедры общей физики