

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

**Кафедра композиционных
материалов и физико-химии
металлургических процессов
(КМФХМП, ТФ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

**Кафедра композиционных
материалов и физико-химии
металлургических процессов
(КМФХМП, ТФ)**

наименование кафедры

Шиманский А.Ф.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Дисциплина Б1.В.02 Физика твердого тела

Направление подготовки /
специальность _____

Направленность
(профиль) _____

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

220000 «ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Программу
составили

Докт. хим. наук, Зав.каф., Шиманский А.Ф.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины: формирование базовых знаний в области электронного строения твердого тела, теоретических представлений о связи состава, электронной структуры и физических свойств материалов; анализ факторов, определяющих свойства веществ различного типа – проводников, полупроводников и изоляторов; рассмотрение взаимосвязи состава, структуры и свойств материалов.

Физика твердого тела является в настоящее время одним из важнейших разделов науки, имеющим большое практическое значение. Техника и народное хозяйство непрерывно выдвигают задачи создания новых материалов с контролируемыми свойствами. При кратком перечислении достаточно указать на материалы, обладающие особыми механическими (эластичностью, твердостью, прочностью, жаропрочностью), электрическими (полупроводники, сверхпроводники, пьезоэлектрики, сегнето- и антисегнетоэлектрики), магнитными (ферро- и антиферромагнетики), оптическими (люминофоры, кристаллы для инфракрасной и ультрафиолетовой оптики) и другими свойствами. В ряде случаев требуется создание материалов, обладающих определенным комплексом свойств, что представляет особые трудности. Важнейшая роль в решении указанных задач принадлежит физике твердого тела.

Предметом физики твердого тела является электронная теория твердого тела, представления о связи состава, электронной структуры и различных физических свойств материалов.

Объектами изучения являются: металлы, сплавы, химические соединения, полупроводники и диэлектрики, а также новые материалы, включая наноматериалы, с заданными эксплуатационными характеристиками.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Основной задачей изучения дисциплины является формирование компетенций, позволяющих проводить анализ взаимосвязи между составом, электронной структурой и физическими свойствами основных групп веществ и материалов.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

УК-1:Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации,
--

применять системный подход для решения поставленных задач	
УК-1.3:Выполняет поиск необходимой информации, её критический анализ и обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи	
Уровень 1	Знать основные понятия, законы и модели строения атома и электронной структуры твёрдого тела.
Уровень 1	Уметь использовать взаимосвязь физических свойств веществ с электронной структурой для формирования.
Уровень 1	Владеть методами принятия решений.
УК-1.1:При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения	
Уровень 1	Знать принципы сбора и обобщения информации по физике твёрдого тела.
Уровень 1	Уметь оперировать физической терминологией, точно выражать научным языком постановку задачи и результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований.
Уровень 1	Владеть навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками по физике твёрдого тела.
УК-1.2:Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи	
Уровень 1	Знать принципы применения системного подхода к изучению физических свойств твёрдых тел.
Уровень 1	Уметь оценивать физические параметры материалов (проводимость, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции, дефектообразование) по экспериментальным данным, анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности.
Уровень 1	Владеть навыками системности и систематичности с целью достижения полноты и глубины знаний.
ПК-2:Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	
ПК-2.1:Осуществляет научно-техническую разработку и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов	
Уровень 1	Знать принципы взаимодействий материалов и веществ с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.
Уровень 1	Уметь анализировать спектры электромагнитного излучения.
Уровень 1	Владеть основами методов спектроскопических исследований.
ПК-2.3:Использует на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов	
Уровень 1	Знать физические основы представлений о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов.
Уровень 1	Уметь контролировать физические свойства твердых тел в разном структурном состоянии.
Уровень 1	Владеть навыками использования на практике современных представлений о влиянии микро- и нано- структуры на свойства

	материалов.
ПК-2.2:Выполняет работы по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами	
Уровень 1	Знать физические свойства веществ в компактном и дисперсном состоянии.
Уровень 1	Уметь использовать на практике принципы взаимодействий материалов и веществ с полями, частицами и излучениями для разработки технических решений по производству наноструктурированных композиционных материалов.
Уровень 1	Владеть навыками выбора экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов на основе физических представлений о взаимосвязи состава структуры и свойств твёрдых тел.

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ОД.2 Физика твердого тела относится к циклу обязательных дисциплин вариативной части учебного плана.

Общетеоретическую подготовку по физике твердого тела целесообразно проводить на базе следующих дисциплин:

- Физика (разделы: «Молекулярная физика и термодинамика», «Атомная и ядерная физика», «Квантовая физика»);
- Математика (разделы: «Дифференциальное исчисление», «Интегральное исчисление», «Обыкновенные дифференциальные уравнения и их системы», «Численные методы. Основы вычислительного эксперимента», «Уравнения математической физики»);
- Химия (разделы: «Химическая связь», «Растворы»);
- Физическая химия (разделы: «Законы термодинамики», «Теория растворов»);

Рассмотренный в курсе материал является базой для дальнейшего изучения курсов профессионального цикла (например, «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия», «Спектральные методы анализа») и математического и естественнонаучного цикла (например, «Физические свойства твердых тел», «Основы ядерной физики, радиохимии, дозиметрии»), а также способствует углублению знаний в области теории твердого тела.

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины	7 (252)	4 (144)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	3 (108)	1,5 (54)	1,5 (54)
занятия лекционного типа	1,5 (54)	1 (36)	0,5 (18)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
практикумы			
лабораторные работы	0,5 (18)		0,5 (18)
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
Самостоятельная работа обучающихся:	3 (108)	1,5 (54)	1,5 (54)
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)	1 (36)	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение. Предмет и задачи курса. Структура кристаллов. Некристаллические твердые тела	4	0	0	6	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
2	Структура кристаллов. Некристаллические твёрдые тела	4	4	0	8	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
3	Атомные дефекты в кристаллической решётке. Разупорядочение в твёрдом теле.	6	0	0	12	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
4	Квантовая теория строения атома.	4	6	0	12	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3 УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
5	Основные электронные теории твёрдого тела. Теория свободных электронов, элементы физической статистики.	6	4	0	8	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3

6	Основы зонной теории. Полупроводники	6	2	0	8	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
7	Контактные явления. Заключение.	6	0	0	0	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
8	Общие представления о физических свойствах твёрдых тел.	4	0	0	8	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
9	Тепловые свойства твёрдых тел. Теплоёмкость.	4	4	0	8	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
10	Теплопроводность металлов и сплавов.	2	2	0	8	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
11	Электропроводность.	2	4	6	8	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
12	Термоэлектрические свойства.	2	4	4	8	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
13	Плотность и термическое расширение.	2	4	8	8	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3
14	Магнитные свойства металлов.	2	2	0	6	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
Всего		54	36	18	108	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Введение. Предмет и задачи курса. Кристаллическое строение твёрдых тел.	4	0	0

2	2	<p>Металлические кристаллы. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Молекулярные кристаллы. Кристаллы с водородным типом связи. Некристаллические твёрдые тела.</p>	4	0	0
3	3	<p>Собственное разупорядочение. Равновесная концентрация точечных дефектов. Тепловые дефекты. Дефекты нестехиометрического происхождения. Примесное разупорядочение. Твёрдые растворы. Изоморфизм.</p>	6	0	0
4	4	<p>Теория строения атома. Теория Бора. Развитие теории Бора Зоммерфельдом. Квантовые числа Квантово-механические особенности микрочастиц. Теория Де-Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновое уравнение Шрёдингера. Решения уравнения Шрёдингера. Электронные орбитали. Принцип Паули. Строение многоэлектронных атомов. Атомные спектры.</p>	4	0	0

5	5	<p>Основные положения электронной теории твёрдого тела. Обобществление электронов в металлах. Расщепление энергетических уровней с образованием энергетических зон. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Теория свободных электронов. Статистика Максвелла-Больцмана. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Невырожденные и вырожденные системы.</p>	6	0	0
6	6	<p>Энергетические спектры электронов в атоме и в кристалле. Теория почти свободных электронов. Энергетические зоны. Зоны разрешенных и запрещенных энергий. Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Заполнение зон электронами. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Проводники. Собственные полупроводники. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в полупроводниках. Неравновесные носители.</p>	6	0	0

7	7	Работа выхода. Контакт двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Заключение.	6	0	0
8	8	Теплопроводность. Основные определения и зависимости. Физическая сущность теплопроводности. Понятие о фононах. Теплопроводность диэлектриков. Теплопроводность металлов.	4	0	0
9	9	Теория теплоёмкости Эйнштейна. Теория теплоёмкости Дебая. Зависимость теплоёмкости от температуры. Теплоёмкость диэлектриков и металлов. Правило Неймана и Копфа. Тепловые свойства металлов и сплавов. Фазовые переходы первого и второго рода. Термический анализ. Методы измерения теплоёмкости.	4	0	0
10	10	Теплопроводность. Основные определения и зависимости. Физическая сущность теплопроводности. Понятие о фононах. Теплопроводность диэлектриков. Теплопроводность металлов.	2	0	0

11	11	Общие представления об электрической проводимости металлов. Зависимость концентрации и подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность твердых растворов. Процессы релаксации.	2	0	0
12	12	Эффект Холла. Методы определения Холловских величин. Термоэлектрические свойства. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Дифференциальная термо-ЭДС.	2	0	0
13	13	Термическое расширение металлов и сплавов. Связь теплоемкости и термического расширения. Уравнение Грюнайзена. Дилатометрические измерения. Инварные сплавы. Плотность металлов и сплавов. Методы определения плотности. Изменение плотности металлов и сплавов при горячей деформации, наклепе, аллотропических превращениях и плавлении. Методы определения плотности.	2	0	0

14	14	Основные понятия и определения. Физическая природа диа- и парамагнетизма. Пара- и диамагнитные свойства металлов в зависимости от их положения в таблице Д.И. Менделеева. Изменение магнитной восприимчивости при плавлении, аллотропических превращениях и наклёпе.	2	0	0
			54	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	2	Основы кристаллографии. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Уравнение Вульфа-Брэгга.	4	0	0
2	4	Квантовая теория строения атома. Теория Бора. Волны Де-Бройля. Принцип неопределённости Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Частные решения волнового уравнения.	6	0	0
3	5	Теория свободных электронов. Статистика Ферми-дирака.	4	0	0
4	6	Зонная теория. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	2	0	0
5	9	Зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость диэлектриков и металлов. Правило Неймана и Коппа. Тепловые свойства металлов и сплавов.	4	0	0

6	10	Физическая сущность теплопроводности. Теплопроводность диэлектриков. Теплопроводность металлов.	2	0	0
7	11	Зависимость концентрации и подвижности носителей заряда от температуры.	4	0	0
8	12	Термоэлектрические свойства. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона.	4	0	0
9	13	Плотность металлов и сплавов. Методы определения плотности.	4	0	0
10	14	Физическая природа диа- и парамаг-нетизма.	2	0	0
Всего			26	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	11	Температурная зависимость удельного электрического сопротивления металлов и сплавов.	6	0	0
2	12	Термоэлектрические явления. Определение термо-ЭДС металлов и сплавов.	4	0	0
3	13	Дилатометрическое исследование материалов.	4	0	0
4	13	Определение плотности металлов и сплавов гидростатическим методом.	4	0	0
Всего			18	0	0

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Гуревич А. Г.	Физика твердого тела: учебное пособие для физических специальностей университетов и технических университетов	Санкт-Петербург: Невский Диалект, 2004
Л1.2	Епифанов Г. И.	Физика твердого тела: учебное пособие для втузов	Санкт-Петербург: Лань, 2011
Л1.3	Верещагин И. К., Кокин С. М., Никитенко В. А., Селезнев В. А., Серов Е. А., Верещагин И. К.	Физика твердого тела: учебное пособие для технических вузов, изучающих курс физики твердого тела	Москва: Высшая школа, 2001
Л1.4	Шиманский А. Ф., Симунин М. М.	Физика твердого тела: учебное пособие	Красноярск: СФУ, 2021
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Лившиц Б. Г., Крапошин В. С., Линецкий Я. Л., Лившиц Б. Г.	Физические свойства металлов и сплавов: учебник для металлургических специальностей вузов	Москва: Металлургия, 1980
Л2.2	Сирота Д. И.	Физика твердого тела: сборник задач с подробными решениями	Москва: URSS, 2010
Л2.3	Кнотько А. В., Пресняков И. А., Третьяков Ю. Д.	Химия твердого тела: учебное пособие по специальности 020101 (011000) "Химия"	Москва, 2006
Л2.4	Гуртов В.А., Осауленко Р.Н.	Физика твердого тела для инженеров: Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 210100 "Электроника и наноэлектроника", 223200 "Техническая физика"	Москва: Техносфера, 2012
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

ЛЗ.1	Шиманский А. Ф., Подкопаев О. И., Молотковская Н. О.	Физика твердого тела: учеб.-метод. пособие [для курс., практич. и самостоят. работы студентов напр. 150100.68 «Материаловедение и технологии материалов»]	Красноярск: СФУ, 2013
ЛЗ.2	Шиманский А. Ф., Васильева М. Н.	Физика твердого тела: учеб.-метод. пособие [для самостоят. работы для студентов спец. 150701.65 «Физикохимия процессов и материалов». 150108.65 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия», бакалавров напр. подготовки 150400 «Металлургия», 150100 «Материаловедение и технологии материалов».]	Красноярск: СФУ, 2012
ЛЗ.3	Шиманский А. Ф., Подкопаев О. И., Васильева М. Н.	Физика твердого тела: учеб.-метод. пособие для практ. занятий [для студентов укр. группы 150000 "Металлургия, машиностроение и материалобработка"]	Красноярск: СФУ, 2012

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	А. И. Морозов Физика твердого тела. Полупроводники, диэлектрики, магнетики Учебное пособие. - Москва, 2002 [Электронные данные].	http://window.edu.ru/resource/032/47032/files/mirea037.pdf
Э2	О. Ю. Шевченко «Основы физики твердого тела». Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 76 с. [Электронные данные].	http://books.ifmo.ru/file/pdf/648.pdf
Э3	Перлин Е. Ю., Вартамян Т.А., Федоров А.В. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов. Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. С. 216. Рис. 71. Табл. 5. Библ. 33. [Электронные данные]	http://www.portalnano.ru/db/library/?action

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Цель самостоятельной работы студентов по освоению курса ФТТ заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию и инновационной деятельности. Достижение этой цели возможно только если перевести студента из пассивного потребителя знаний в активного их творца, умеющего сформулировать проблему на научном языке,

проанализировать пути ее решения, найти оптимальный метод решения, доказать его правильность и получить искомый результат. В этом плане следует признать, что самостоятельная работа студентов (СРС) является не только важной формой образовательного процесса, а также его базой.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях и практических занятиях;

в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;

- в библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Указания к самостоятельной работе по учебным пособиям:

1. Изучать курс необходимо систематически в течение всего учебного процесса. Изучение физики твердого тела в сжатые сроки перед экзаменом не даст глубоких и прочных знаний.

2. Выбрав какое-либо учебное пособие в качестве основного для определенной части курса, придерживаться данного пособия при изучении всей части или, по крайней мере, ее раздела. Замена одного пособия другим в процессе изучения может привести к утрате логической связи между отдельными вопросами. Но если основное пособие не дает полного ответа на некоторые вопросы программы, необходимо обращаться к другим учебным пособиям.

3. При чтении учебного пособия составлять конспект, в котором записывать законы и формулы, выражающие эти законы, определения физических величин и их единиц, делать чертежи и решать типовые задачи. При решении задач следует пользоваться Международной системой единиц (СИ).

4. Самостоятельную работу по изучению физики твердого тела надо подвергать систематическому контролю. Для этого после изучения очередного раздела следует отвечать на вопросы для самопроверки. При этом надо использовать рабочую программу курса.

Указания к самостоятельной подготовке к занятиям семинарского типа:

Различные виды самостоятельной работы позволяют сделать процесс обучения на практических занятиях более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях по ФТТ не менее 1 часа из двух (50 % времени) отводится на самостоятельное решение задач.

Практические занятия строятся следующим образом:

- вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы,

которые должны быть рассмотрены);

- беглый опрос студентов;
- решение 1-2 типовых задач у доски;
- самостоятельное решение задач;
- разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Оценка предварительной подготовки студента к практическому занятию производится в ходе экспресс-тестирования (тестовые задания закрытой формы) в течение 5, максимум - 10 минут. Таким образом, при интенсивной работе каждому студенту на каждом занятии можно получить, по крайней мере, две оценки.

Если студенту необходима высокая оценка на экзамене, тогда от него потребуются регулярная самостоятельная работа в течение всего семестра – курс физики твердого тела невозможно хорошо изучить за неделю (и тем более за день).

При подготовке желательно вести краткий конспект изученного материала. Хороший краткий конспект позволяет легко и быстро восстановить в памяти изученный материал перед экзаменом. Такой конспект полезен и при изучении тех разделов ФТТ, для понимания которых необходимо знание некоторых элементов из предыдущих разделов, если есть необходимость их повторения.

Перед составлением конспекта полезно бегло прочитать конспектируемый материал (особенно если его давно проходили и немного подзабыли) - это поможет ознакомиться с темой, оценить объем работы по внимательному изучению материала и продумать структуру конспекта.

Наиболее важные формулы рекомендуется выделять (цветом или подчеркиванием).

Помимо основных понятий, положений, законов и принципов теории следует обратить внимание на опыты, благодаря которым была создана эта теория, эксперименты, подтверждающие ее справедливость. Вспомнить, как используется данная теория на практике.

При изучении каких-либо физических процессов, помимо признаков этих процессов и условий их протекания, полезно показать, как они используются (или, наоборот, как с ними бороться, если это вредные проявления процессов) на практике.

Основная цель подготовки к экзамену – достичь понимания физических законов и явлений, а не только механически заучить материал. Следует уделить особое внимание внешней форме краткого конспекта - недопустим небрежный, неразборчивый, мелкий почерк. Формулы должны быть отделены от текста некоторым пространством, чтобы «бросаться в глаза» сразу. Обычно в конце параграфа учебника или учебного пособия есть несколько контрольных вопросов, нужно

постараться на них ответить.

Следует прорешать задачи на заданные темы. Опыт решения задач позволит взглянуть на теоретический материал несколько по-иному. Умение решать задачи потребуется на экзамене.

На самостоятельное изучение тем каждого раздела студенту отводится 20 часов.

Рекомендуется распределить полезное время следующим образом:

чтение учебной литературы 15 часов;

консультация у ведущего преподавателя 5 часов.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	Нет.
-------	------

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	1. Моделирование свойств, электронной структуры ряда углеродных и неуглеродных нанокластеров и их взаимодействия с легкими элементами [Электронный ресурс]/ А.С. Федоров [и др.]. г. Красноярск, http://www.kirensky.ru/master/articles/monogr/Book/book.htm .
9.2.2	2. Quantum ESPRESSO is an integrated suite of Open-Source computer codes for electronic-structure calculations and materials modeling at the nanoscale. It is based on density-functional theory, plane waves, and pseudopotentials [Электронные данные] – Режим доступа: http://www.pwscf.org .
9.2.3	3. ABINIT is a package whose main program allows one to find the total energy, charge density and electronic structure of systems made of electrons and nuclei (molecules and periodic solids) within Density Functional Theory [Электронные данные] – Режим доступа: http://www.abinit.org .
9.2.4	4. Crystalline and molecular structure visualisation program XCrySDen [Электронные данные] – Режим доступа: http://www.xcrysdn.org .

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Стенды, макеты, компьютерная техника, наглядные пособия и другие дидактические материалы, обеспечивающие проведение лабораторных и практических занятий.