

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор  
Т.А. Хагуров  
«            »            2020 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.02 ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Направление подготовки 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент и дидактика)

Программа подготовки академическая магистратура

Форма обучения очная

Квалификация выпускника магистр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «Теория конденсированного состояния» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.04.02 Физика профиль «Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент и дидактика)».

Программу составил:

А.В. Скачедуб, доцент каф. теор. физики  
и комп. технологий, к. ф.-м. н

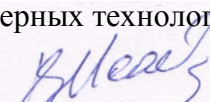


\_\_\_\_\_

подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «Теория конденсированного состояния» утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий протокол № 10 «16» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Исаев В.А.



\_\_\_\_\_

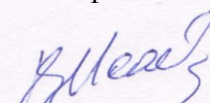
подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

протокол № 10 «16» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей)

Исаев В.А.




\_\_\_\_\_

подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 9 «20» апреля 2020 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



\_\_\_\_\_

подпись

Рецензенты:

Г.Ф. Копытов заведующий кафедрой радиофизики и нанотехнологий КубГУ  
доктор физико-математических наук профессор

Л.Р. Григорьян генеральный директор ООО НПФ «Мезон»  
кандидат физико-математических наук

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Данная дисциплина ставит своей целью дать магистрантам глубокие и прочные знания в области основных взаимодействиях, ответственных за формирование физических свойств конденсированных сред и научить их осознанно применять эти знания к прикладным задачам.

### 1.2 Задачи дисциплины

Основной задачей является формирование систематических знаний по основным разделам физики конденсированного состояния, необходимых для выполнения самостоятельных научных исследований и лабораторного практикума в рамках учебного курса; ознакомление с основными методами исследования и расчета физических характеристик твердых тел, изучение физических свойств конденсированных сред на атомно-молекулярном уровне; изучение экспериментальных основ физики конденсированного состояния в их в будущей профессиональной деятельности.

Воспитательная задача дисциплины заключается в создании у магистров навыка самостоятельной исследовательской работы. В связи с этим следует знакомить магистров с современным состоянием физики конденсированного состояния, возникшими в настоящее время в этой области физики проблемами, перспективными направлениями, и т.п.

### 1.3 Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Дисциплина «Теория конденсированного состояния» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана 03.04.02 Физика направленности «Физика конденсированного состояния вещества» и ориентирована при подготовке магистрантов на получение знаний в области основных взаимодействиях, ответственных за формирование физических свойств конденсированных сред. Дисциплина находится в логической и содержательно-методологической взаимосвязи с другими частями ООП и базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Кристаллофизика», «Физика конденсированного состояния вещества», «Кристаллография». Для успешного овладения материалом курса необходимы знания из курсов «Термодинамика, статистическая физика», «Оптика». Знания, полученные в процессе обучения, необходимы для успешного прохождения производственной и преддипломной практики.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурной компетенции ОК-1 и профессиональной компетенции ПК-1.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	основные законы, идеи и принципы теории конденсированного состояния, их становление и развитие в исторической последовательно-	осмысливать и интерпретировать основные положения теории конденсированного состояния, оценивать порядки физических величин, использовать по-	технологией построения математических моделей физических процессов и умением интерпретировать полученные

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
			сти	лученные знания в различных областях физической науки и техники	решения при рассмотрении конкретных физических процессов и явлений
2.	ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	основные законы конденсированных сред, основные понятия химической и физической кристаллографии, особенности морфологии кристаллов	под руководством исследователей работать на стендах для оптических исследований материалов; осмысливать и интерпретировать основные положения теории роста кристаллов, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники	четкими представлениями о современных научных концепциях современной теории конденсированного состояния вещества

## 2 Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для магистрантов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		1			
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>28,3</b>	<b>28,3</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>28</b>	<b>28</b>			
Занятия лекционного типа	14	14			
Лабораторные занятия	14	14			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-			
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>53</b>	<b>53</b>			
Проработка учебного (теоретического) материала	28	28			
Подготовка к текущему контролю	25	25			
<b>Контроль:</b>	<b>26,7</b>	<b>26,7</b>			
Подготовка к экзамену	26,7	26,7			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		

	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>28,3</b>	<b>28,3</b>			
	<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			

## 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Основные разделы дисциплины, изучаемые в 1 семестре (очная форма).

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПР	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия теории конденсированного состояния	12	2	-	4	6
2.	Динамика кристаллической решётки	8	2	-	-	6
3.	Электронные состояния в кристалле	13	2	-	5	6
4.	Электрон-фононное взаимодействие	8	2	-	-	6
5.	Электронные свойства твёрдых тел	9	2	-	-	7
6.	Оптические свойства твёрдых тел	15	2	-	5	8
7.	Сверхпроводимость	8	1	-	-	7
8.	Системы с пониженной размерностью	8	1	-	-	7
	<i>Итого по дисциплине:</i>		14	-	14	53

## 2.3 Содержание разделов дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия теории конденсированного состояния	Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Кристаллическая структура и ее описание. Симметрия кристалла, точечные и пространственные (федоровские) группы. Классификация решеток Бравэ. Обратная решетка, ее свойства. Особые точки в зоне Бриллюэна, звезда волнового вектора. Связь точечной симметрии элементарной ячейки с физическими свойствами кристалла.	Защита ЛР № 1, Коллоквиум
2.	Динамика кристаллической решётки	Динамика кристаллической решетки. Квантование колебаний решетки, акустические и оптические фононы. Ангармонизм, диаграммы Фейнмана, описывающие фонон-фононное взаимодействие. Электронные волны в кристалле.	Коллоквиум
3.	Электронные состоя-	Уравнение Шредингера для электрона в	Защита ЛР № 2,

	ния в кристалле	периодическом потенциале. Эффективная масса. Методы вычисления эффективной массы. Приближение почти свободных электронов и приближение сильной связи. Примеси и примесные уровни, локализация электронов. Квантование системы электронов, электроны и дырки. Статистика носителей заряда. Энергия Ферми, электронная теплоемкость. Кулоновское и обменное взаимодействие в электронно-дырочной системе. Экситоны большого радиуса, их наблюдение в полупроводниках. Экситоны малого радиуса, безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения с помощью экситонов. Плазмоны.	Коллоквиум
4.	Электрон-фононное взаимодействие	Взаимодействие электронов с колебаниями решётки. Поляритоны.	Коллоквиум
5.	Электронные свойства твердых тел	Электронные свойства твердых тел. Электропроводность, связь между электропроводностью и теплопроводностью.	Коллоквиум
6.	Оптические свойства твердых тел	Матрица плотности и ее свойства. Уравнение Лиувилля (Неймана). Отклик конденсированной среды на внешнее возмущение, формула Кубо-Гринвуда для обобщенной восприимчивости. Прямые и не прямые оптические межзонные переходы в полупроводниках. Поляритоны. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.	Защита ЛР № 3, Коллоквиум
7.	Сверхпроводимость	Сверхпроводники, их свойства. Фазовый переход второго рода как спонтанное нарушение симметрии. Изотопический эффект. Магнитные свойства сверхпроводников, эффект Мейсснера, глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Микроскопическая теория сверхпроводимости, длина когерентности. Сверхпроводники второго рода, вихри Абрикосова. Высокотемпературная сверхпроводимость. Сверхпроводимость в системах с тяжелыми фермионами (общие понятия).	Коллоквиум
8.	Системы с пониженной размерностью	Системы с пониженной размерностью. Квантовые точки. Электронное строение квантовых точек. Функционал плотности, уравнение Кона-Шэма. Одномерные системы, разделение заряда и спина, сверхпроводимость одномерных систем. Двумерные системы. Поверхностные состояния электронов.	Коллоквиум

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Практические задания в аудитории по данному курсу согласно учебному плану не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№ ЛР	Наименование лабораторной работы	Тематика лабораторной работы	Форма текущего контроля
1	Основные понятия теории конденсированного состояния	Симметрия кристалла, точечные и пространственные (федоровские) группы. Классификация решеток Бравэ.	Защита ЛР № 1
2	Электронные состояния в кристалле	Вычисление параметров интенсивности электронных переходов между уровнями для $f$ -элементов, находящихся в кристаллической матрице.	Защита ЛР № 2
3	Оптические свойства твердых тел	Расчёт оптических и люминесцентных параметров кристаллов, активированных редкоземельными ионами.	Защита ЛР № 3

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по организации аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г.
2.	Подготовка к текущему контролю	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3 Образовательные технологии**

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельное решение задач.

Большая часть лекций и лабораторные занятия проводятся с использованием современных справочных материалов. Используются программы моделирования физических процессов в физике конденсированного состояния и программы онлайн-контроля знаний магистрантов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения).

По изучаемой дисциплине магистрантам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину лектором материалами в виде электронного комплекса сопровождения, включающего в себя: электронные конспекты лекций; электронные варианты учебно-методических пособий с содержанием лабораторных работ.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- лекции с проблемным изложением;
- изучение и закрепление нового материала;
- работа в малых группах;
- технология компьютерного моделирования численных расчетов.

Проведение всех занятий лабораторного практикума предусмотрено в классе, снабженном всем необходимым оборудованием и компьютерами, для эффективного выполнения соответствующих лабораторных работ.

По итогам выполнения каждой лабораторной работы магистрант предоставляет и защищает разработанную программу численного моделирования и расчета, причем в беседе с преподавателем должен продемонстрировать знание как теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе, так и необходимых для практической реализации работы компьютерных технологий. После защиты лабораторной работы магистрант обязан предоставить откорректированную и оптимизированную программную разработку в формате использованной компьютерной системы.

Дополнительная форма контроля эффективности усвоения материала и приобретения практических навыков заключается в открытой интерактивной защите лабораторной работы на устном выступлении перед аудиторией сокурсников.

Сопровождение самостоятельной работы магистранты также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых посредством изучения рекомендуемой литературы и путем подготовки докладов;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля**

Текущий контроль: проверка выполнения лабораторных работ и подготовка докладов.

#### **Темы докладов:**

1. Кристаллическая структура и ее описание. Симметрия кристалла, точечные и пространственные (федоровские) группы. Классификация решеток Бравэ.
2. Динамика кристаллической решетки. Квантование колебаний решетки, акустические и оптические фононы.



3. Электронные волны в кристалле. Уравнение Шредингера для электрона в периодическом потенциале. Эффективная масса. Примеси и примесные уровни, локализация электронов.
4. Квантование системы электронов, электроны и дырки. Статистика носителей заряда. Энергия Ферми, электронная теплоемкость
5. Кулоновское и обменное взаимодействие в электронно-дырочной системе. Экситоны большого радиуса. Экситоны малого радиуса, безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения с помощью экситонов.
6. Электронные свойства твердых тел. Электропроводность, связь между электропроводностью и теплопроводностью (закон Видемана-Франца).
7. Матрица плотности и ее свойства. Уравнение Лиувилля (Неймана). Отклик конденсированной среды на внешнее возмущение, формула Кубо-Гринвуда для обобщенной восприимчивости. Прямые и непрямые оптические межзонные переходы в полупроводниках.
8. Сверхпроводники, их свойства. Фазовый переход второго рода как спонтанное нарушение симметрии. Изотопический эффект. Магнитные свойства сверхпроводников, эффект Мейсснера, глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Микроскопическая теория
9. Системы с пониженной размерностью. Квантовые точки. Электронное строение квантовых точек. Одномерные системы, разделение заряда и спина. Бозонизация. Двумерные системы. Поверхностные состояния электронов.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

##### **Перечень вопросов для коллоквиума:**

##### **Структура твердых тел**

1. Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Нарушение адиабатичности.
2. Точечная и трансляционная симметрия кристаллической решетки. Типы элементарных ячеек, сингония, категория.
3. Связь физических свойств кристалла с симметрией кристаллической решетки.
4. Зона Бриллюэна. Особые точки в зоне Бриллюэна. Звезда волнового вектора.

##### **Колебания решетки**

5. Квантование колебаний одноатомной кристаллической решетки. Канонические коммутационные соотношения.
6. Квантование колебаний решетки с несколькими сортами атомов в элементарной ячейке. Оптические и акустические фононы.
7. Ангармонизм как взаимодействие фононов.  $N$ - и  $U$ - процессы взаимодействия фононов.

##### **Электроны в твердом теле**

16. Уравнение Шредингера для электрона в периодическом потенциале. Зонная структура твердых тел.
17. Эффективная масса, вычисление эффективной массы в приближении сильной связи.
18. Локализованные состояния электронов. Глубокие и мелкие уровни.
19. Статистика Ферми-Дирака. Квантование системы электронов. Канонические антикоммутационные соотношения.
20. Волновое число и энергия Ферми. Температура вырождения ферми-систем.
21. Особенности квантования системы электронов в конденсированных средах. Электроны и дырки. Гамильтониан системы электронов и дырок.
22. Взаимодействие электронов и дырок. Экситоны большого радиуса (Ванье-Мотта).
23. Экситоны малого радиуса (Френкеля). Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения с помощью экситонов Френкеля.

##### **Электрон-фононное взаимодействие**

24. Элементарная теория полярона. Энергия связи, закон дисперсии, эффективная масса.

#### **Электронные свойства твердых тел**

25. Электропроводность металлов и полупроводников. Связь между тепло- и электропроводностью (закон Видемана-Франца).

#### **Отклик конденсированной среды на внешнее возмущение**

26. Матрица плотности, ее свойства. Уравнение движения для матрицы плотности.

27. Отклик конденсированной среды на внешнее возмущение. Формула Кубо-Гринвуда.

28. Оптические свойства полупроводниковых кристаллов. Прямозонные и непрямозонные переходы.

#### **Сверхпроводимость**

29. Свойства сверхпроводящего состояния. Бозе-конденсация. Аналогия между сверхтекучестью и сверхпроводимостью.

30. Феноменологическая теория токового сверхпроводящего состояния. Уравнение Гинзбурга-Ландау.

31. Микроскопическая теория сверхпроводимости. Гамильтониан Фрелиха. Преобразование Боголюбова.

32. Высокотемпературная сверхпроводимость, сверхпроводимость в системах с тяжелыми фермионами.

#### **Системы с пониженной размерностью**

33. Квантовые точки: электронная структура, уравнение Кона-Шэма.

34. Одномерные системы, разделение заряда и спина, бозонизация. Сверхпроводимость в одномерных системах.

35. Поверхностные состояния электронов. Особенности двумерных систем.

### **4.3 Перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине «Теория конденсированного состояния»**

1. Введение. Предмет физики конденсированного состояния. Кристаллы и аморфные вещества.

2. Трансляционная симметрия кристаллов. Кристаллографические системы координат.

3. Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Функции, описывающие физические величины в кристалле.

4. Зона Бриллюэна. индексы Миллера. Обратная решетка. Теорема Блоха. Классификация решеток Бравэ.

5. Связь точечной симметрии элементарной ячейки с физическими свойствами кристалла.

6. Динамика кристаллической решетки.

7. Квантование колебаний решетки, акустические и оптические фононы.

8. Ангармонизм, диаграммы Фейнмана, описывающие фонон-фононное взаимодействие. Электронные волны в кристалле.

9. Уравнение Шредингера для электрона в периодическом потенциале. Эффективная масса. Методы вычисления эффективной массы.

10. Приближение почти свободных электронов и приближение сильной связи. Примеси и примесные уровни, локализация электронов.

11. Квантование системы электронов, электроны и дырки. Статистика носителей заряда.

12. Энергия Ферми, электронная теплоемкость.

13. Кулоновское и обменное взаимодействие в электронно-дырочной системе.

14. Экситоны большого радиуса, их наблюдение в полупроводниках. Экситоны малого радиуса, безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения с помощью экситонов.

15. Плазмоны.
16. Взаимодействие электронов с колебаниями решётки.
17. Поляритоны.
18. Электронные свойства твердых тел.
19. Электропроводность, связь между электропроводностью и теплопроводностью.
20. Сверхпроводники, их свойства.
21. Фазовый переход второго рода как спонтанное нарушение симметрии. Изотопический эффект.
22. Магнитные свойства сверхпроводников, эффект Мейсснера, глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник.
23. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Микроскопическая теория сверхпроводимости, длина когерентности.
24. Сверхпроводники второго рода, вихри Абрикосова.
25. Высокотемпературная сверхпроводимость. Сверхпроводимость в системах с тяжёлыми фермионами (общие понятия).
26. Системы с пониженной размерностью.
27. Квантовые точки.
27. Электронное строение квантовых точек.
28. Функционал плотности, уравнение Кона-Шэма. Одномерные системы, разделение заряда и спина,
29. сверхпроводимость одномерных систем.
30. Двумерные системы. Поверхностные состояния электронов.

### Макет экзаменационного билета



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
 «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 физико-технический факультет  
 Кафедра теоретической физики и компьютерных технологий  
 Направление подготовки: 03.04.02 Физика  
 Академическая магистратура  
 Направленность (профиль): Физика конденсированного состояния вещества  
 Дисциплина: Теория конденсированного состояния  
 БИЛЕТ №

1. Введение. Предмет физики конденсированного состояния. Кристаллы и аморфные вещества.
2. Двумерные системы. Поверхностные состояния электронов.

Заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий \_\_\_\_\_ В.А. Исаев

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачёте;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература**

1. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук; под ред. Н.К. Мышкина. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309>.

2. Матухин В.Л. Физика твердого тела / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>.

### **5.2 Дополнительная литература**

1. Фомин Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела / Д.В. Фомин. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2014. - 186 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074>.

2. Гордиенко А.Б. Физика конденсированного состояния. Решение задач / А.Б. Гордиенко, А.В. Кособуцкий, Д.В. Корабельников. - 2-е изд., доп. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2011. - 92 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232487>.

3. Тумаев Евгений Николаевич Процессы переноса энергии электронного возбуждения в конденсированных средах: монография / Е. Н. Тумаев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т – Краснодар. - 2013.

4. Бёккер Ю. Спектроскопия / Ю. Бёккер; пер. Л.Н. Казанцева. - Москва: РИЦ "Техносфера", 2009. - 528 с. - Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88994>.

5. Гуртов В.А. Физика твердого тела для инженеров / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Техносфера, 2012. - 560 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>.

6. Кудряшов С.Н. Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» / С.Н. Кудряшов, Т.Н. Радченко. - Ростов-н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2011. - 308 с. – Режим доступа: URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241103>.

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

№	Ссылка	Пояснение
1.	<a href="http://www.book.ru">http://www.book.ru</a>	BOOK.ru – электронная библиотечная система (ЭБС) современной учебной и научной литературы.

		Библиотека BOOK.ru содержит актуальную литературу по всем отраслям знаний, коллекция пополняется электронными книгами раньше издания печатной версии.
2.	<a href="http://www.ibooks.ru">http://www.ibooks.ru</a>	Айбукс.ру – электронная библиотечная система учебной и научной литературы. В электронную коллекцию включены современные учебники и пособия ведущих издательств России.
3.	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	Платформа ScienceDirect обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки, предоставляя доступ к более чем 2500 наименований журналов и более 11000 книг из коллекции издательства «Эльзевир».
4.	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	База данных Scopus индексирует более 18 тыс. наименований журналов от 5 тыс. международных издательств, включая более 300 российских журналов.
5.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека (НЭБ) содержит полнотекстовые версии научных изданий ведущих зарубежных и отечественных издательств.

## **7 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

На самостоятельную работу магистрантов отводится более 50% времени от общей трудоемкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы магистрантов организовано в следующих формах:

1. Выполнение лабораторных заданий по изучаемому разделу дисциплины.
2. Проверка знаний магистранта основана на вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов дисциплины.
3. Усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых посредством изучения рекомендуемой литературы.
4. Консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

## **8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень информационных технологий**

1. Проверка заданий и консультирование посредством электронной почты.

### **8.2 Перечень программного обеспечения**

Программный продукт	Договор/лицензия
Операционная система MS Windows 8, 10	№73–АЭФ/223-ФЗ/2018      Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018
Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus	№73–АЭФ/223-ФЗ/2018      Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018
Математический пакет «Mathcad»	№127-АЭФ/2014 от 29.07.2014

### **8.3 Перечень информационных справочных систем**

1. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.
2. Электронная библиотечная система издательства "Лань" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>).

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и лабораторного типа; оснащенность: комплект учебной мебели; доска учебная магнитно-маркерная; комплект плакатов «Теория групп», «Физические свойства кристаллов»; компьютерное оснащение ПЭВМ – 4 шт. 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №320С
2.	Лабораторные занятия	
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций; оснащенность: комплект учебной мебели с учебными ПЭВМ; 1 ПЭВМ администратора (преподавательский); доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 212С, 207С
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации; оснащенность: комплект учебной мебели, доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №320С
5.	Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы; оснащенность: комплект учебной мебели, компьютерное оснащение ПЭВМ с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 208С