

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)
Автомобильное отделение



Утверждаю

Первый заместитель директора
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Физика твердого тела

Направление подготовки: 22.03.01 - Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки: Материаловедение и технологии новых материалов

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Акст Е.Р. (Кафедра материалов, технологий и качества, Автомобильное отделение), ev.akst@yandex.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6	способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
ПК-7	способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- физическую природу свойств веществ, находящихся в твёрдом состоянии, взаимосвязь этих свойств с химическим составом материала и его структурой на нано- и микроуровне;
- физическую сущность явлений, происходящих в твёрдых телах при взаимодействии их с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.

Должен уметь:

- оценивать и прогнозировать свойства и поведение материалов, а также внутренние процессы в них при различном внешнем воздействии (термическом, механическом, радиационном, электромагнитном);
- назначать соответствующую обработку материалам для получения заданных структур и свойств.

Должен владеть:

- методами исследования, анализа и диагностики химического состава, структуры и свойств твёрдых тел;
- навыками правильного выбора материалов и способов их обработки для получения изделий, в том числе изделий на основе нанообъектов, с требуемыми характеристиками.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов (Материаловедение и технологии новых материалов)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 112 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные представления о строении твёрдых тел	6	4	4	0	10
2.	Тема 2. Динамика кристаллической решетки	6	4	4	0	10
3.	Тема 3. Электроны в электрическом поле кристаллов	6	2	2	0	17
4.	Тема 4. Металлическое состояние	6	2	2	0	15
5.	Тема 5. Полупроводники, диэлектрики, сегнетоэлектрики	6	2	4	0	20
6.	Тема 6. Магнетизм	6	2	0	0	20
7.	Тема 7. Сверхпроводимость и Введение. Агрегатные состояния и превращения веществ. Конденсированное состояние веществ, жидкости. Тепловые и диффузионные процессы в веществах. Фазовый переход. Иллюстрации. Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел. Монокристаллы и поликристаллическое строение материалов. Понятие кристаллической решётки и структуры кристаллов. Элементарная ячейка, система симметрии, периоды кристаллической решётки и базис кристаллической структуры. Индексы кристаллографических направлений и атомных плоскостей. Изотропия и анизотропия материалов. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка. Свойства обратной решетки. Зоны Бриллюэна. Дифракция рентгеновских лучей. Типы связей в кристаллах (силы Ван-дер-Ваальса, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлические кристаллы, водородная связь). Реальные кристаллы. Дефекты кристаллической структуры. Дислокации. Краевая и винтовая дислокации.	6	2	0	0	20

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основные представления о строении твёрдых тел

Введение. Агрегатные состояния и превращения веществ. Конденсированное состояние веществ, жидкости. Тепловые и диффузионные процессы в веществах. Фазовый переход. Иллюстрации. Кристаллическое и аморфное состояние твёрдых тел. Монокристаллы и поликристаллическое строение материалов. Понятие кристаллической решётки и структуры кристаллов. Элементарная ячейка, система симметрии, периоды кристаллической решётки и базис кристаллической структуры. Индексы кристаллографических направлений и атомных плоскостей. Изотропия и анизотропия материалов. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка. Свойства обратной решетки. Зоны Бриллюэна. Дифракция рентгеновских лучей. Типы связей в кристаллах (силы Ван-дер-Ваальса, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлические кристаллы, водородная связь). Реальные кристаллы. Дефекты кристаллической структуры. Дислокации. Краевая и винтовая дислокации.

Тема 2. Динамика кристаллической решетки

Колебания линейной одноатомной цепочки атомов. Колебания линейной двухатомной периодической структуры. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Нормальные колебания трёхмерного кристалла. Колебания оптического и акустического типов. Классическое выражение энергии колебаний кристалла. Квантовая теория колебаний кристалла. Фононы. Статистика фононов и энергия фононного газа. Теплоёмкость решётки. Низкотемпературное приближение. Дебаевская модель колебательного спектра кристаллов. Теплоёмкость кристаллов по Дебаю. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность кристаллической решетки. Рассеяние фононов на фононах. Температурная зависимость коэффициента теплопроводности диэлектриков.

Тема 3. Электроны в электрическом поле кристаллов

Электроны в периодическом поле кристалла. Функция Блоха и её свойства. Уравнения для функции Блоха. Электрон в кристаллическом поле. Случаи сильной и слабой связи. Движение электрона в кристалле под действием внешнего поля. Классификация твёрдых тел по их электрическим свойствам на основе зонной теории. Проводники. Диэлектрики. Полупроводники. Статистика электронов в кристалле. Функция Ферми и её свойства. Энергия Ферми. Поверхность Ферми.

Тема 4. Металлическое состояние

Металлическая межатомная связь. Модель "электронного газа" и свойства металлов. Классическая теория проводимости металлов. Элементы зонной теории проводимости. Кристаллическая структура металлов (ОЦК, ГЦК и ГПУ-решётки). Явление полиморфизма и полиморфные превращения. Энергия Ферми как функция температуры для сильно вырожденного случая. Численная оценка энергии Ферми в простейшем случае. Электронная теплоёмкость металлов. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Магнитосопротивление. Эффект Холла в полупроводниках и металлах.

Тема 5. Полупроводники, диэлектрики, сегнетоэлектрики

Носители заряда в собственном полупроводнике. Уровни Ферми. Примеси и их влияние на свойства полупроводников. Доноры и акцепторы. Полупроводники n- и p- типа. Контактные явления в полупроводниках. Контакт Шоттки. Омический контакт. Контактные явления в полупроводниках. P-n переход. Вольтамперная характеристика p-n перехода. Диод. Воздействие света на полупроводник. Фотопроводимость. Элементарные возбуждения в полупроводнике. Экситоны Ванье-Мотта, Френкеля, плазмоны. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы, фотодиоды. Биполярный транзистор, полевой транзистор. Полупроводниковые источники света: светодиоды, лазеры. Диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Сегнетоэлектрический фазовый переход.

Тема 6. Магнетизм

Классификация твёрдых тел по их магнитным свойствам. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Классическая и квантовая теории. Феноменологическая теория ферромагнетизма. Спиновые волны-магноны. Статистика спиновых волн. Намагниченность ферромагнетика при низких температурах.

Тема 7. Сверхпроводимость и сверхтекучесть

Критическая температура. Магнитные свойства. Эффект Мейсснера-Оксенфельда. Критическое поле. Сверхпроводники второго рода. Теплоемкость сверхпроводников. Изотопический эффект. Основы теории Бардина-Купера-Шиффера. Электрон-фононное взаимодействие. Обмен виртуальными фононами. Куперовские пары. Ферми газ и Бозе конденсат. Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона. Сверхтекучесть.

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

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

ЭОР Элементы кристаллографии - <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/131393>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 6			
	Текущий контроль		
1	Тестирование	ПК-6 , ПК-7 , ПК-3 , ПК-4	1. Основные представления о строении твёрдых тел 4. Металлическое состояние
2	Устный опрос	ПК-6 , ПК-7	1. Основные представления о строении твёрдых тел 4. Металлическое состояние 5. Полупроводники, диэлектрики, сегнетоэлектрики 6. Магнетизм
3	Проверка практических навыков	ПК-3 , ПК-4	1. Основные представления о строении твёрдых тел 2. Динамика кристаллической решетки 3. Электроны в электрическом поле кристаллов 4. Металлическое состояние
	Зачет	ПК-6, ПК-7	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 6					
Текущий контроль					
Тестирование	86% правильных ответов и более.	От 71% до 85 % правильных ответов.	От 56% до 70% правильных ответов.	55% правильных ответов и менее.	1
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2
Проверка практических навыков	Продемонстрирован высокий уровень освоения навыков, достаточный для успешного решения задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован хороший уровень освоения навыков, достаточный для решения большей части задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован удовлетворительный уровень освоения навыков, достаточный для решения отдельных задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень освоения навыков, недостаточный для решения задач профессиональной деятельности.	3
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 6

Текущий контроль

1. Тестирование

Темы 1, 4

Пример тестовых заданий:

Тема 1. Основные представления о строении твёрдых тел

1. В кристаллических твёрдых телах частицы вещества располагаются в пространстве ...

- а) последовательно
- б) хаотически
- в) упорядоченно
- г) параллельно
- д) неупорядоченно

2. В аморфных твёрдых телах частицы вещества располагаются в пространстве ...

- а) хаотически
- б) упорядоченно

- в) закономерно
г) последовательно
д) параллельно
3. Геометрическая модель, используемая для описания упорядоченного расположения частиц вещества в кристаллах?
а) схема кристалла
б) кристаллическая модель
в) кристаллическая решётка
г) структура кристалла
д) система симметрии
4. Минимальную группу узлов, периодически повторяющихся в кристаллическом пространстве, называют ...
а) базисом структуры
б) основной ячейкой
в) основным элементом
г) элементарной ячейкой
д) базисным элементом
5. Воображаемая пространственная координатная сетка, узлы которой отображают расположение в пространстве центров тяжести атомов, молекул или ионов кристалла, является ...
а) схемой кристалла
б) моделью кристалла
в) кристаллической сеткой
г) элементарной ячейкой
д) кристаллической решёткой
6. Рёбра элементарного параллелепипеда (элементарной ячейки) называют также ...
а) параметрами кристалла
б) периодами решётки
в) элементарными периодами
г) периодами ячейки
д) базовыми параметрами
7. Порядок периодов кристаллической решётки?
а) сантиметры
б) миллиметры
в) микроны
г) нанометры
д) дециметры
8. Сколько всего существует систем симметрии кристаллов?
а) три
б) пять
в) семь
г) девять
д) десять
9. Совокупность атомов, полностью принадлежащих одной элементарной ячейке, трансляцией которых воспроизводится весь рассматриваемый кристалл, называют ...
а) элементарной группой
б) базисом структуры
в) базовым элементом
г) элементарной ячейкой
д) основным элементом структуры
10. Число ближайших равноудалённых соседей любого атома является ...
а) атомным числом
б) базовым числом
в) числом компактности
г) числом плотности
д) координационным числом
11. Отношение объёма, занятого атомами, ко всему объёму элементарной ячейки представляет собой ...
а) коэффициент компактности структуры
б) модуль плотности кристалла
в) число компактности кристалла
г) координационное число
д) относительное число компактности
12. Положение атомной плоскости в кристалле определяется ...

- а) координатами атомной плоскости
 - б) узлами кристаллической решётки
 - в) индексами атомной плоскости
 - г) координатами узлов плоскости
13. В квадратные скобки помещают ...
- а) координаты узлов решётки
 - б) индексы атомных плоскостей
 - в) кристаллографические координаты
 - г) параметры узлов решётки
 - д) индексы кристаллографических направлений
14. В двойные квадратные скобки помещают ...
- а) координаты узлов решётки
 - б) индексы атомных плоскостей
 - в) кристаллографические координаты
 - г) параметры узлов решётки
 - д) индексы кристаллографических направлений
15. В круглые скобки помещают ...
- а) координаты узлов решётки
 - б) индексы атомных плоскостей
 - в) кристаллографические координаты
 - г) параметры узлов решётки
 - д) индексы кристаллографических направлений
16. Какой термин используют для обозначения неравенства свойств материала в различных направлениях?
- а) полиморфизм
 - б) неоднородность
 - в) аллотропия
 - г) изотропия
 - д) анизотропия
17. Какие из перечисленных материалов всегда являются изотропными?
- а) аморфные
 - б) полиморфные
 - в) изоморфные
 - г) гомоморфные
 - д) монокристаллические
18. Монокристаллы всегда являются ...
- а) изотропными
 - б) однородными
 - в) изоморфными
 - г) анизотропными
 - д) гомоморфными
19. Совокупность физически эквивалентных и не параллельных атомных плоскостей называют ...
- а) группой плоскостей
 - б) семейством плоскостей
 - в) эквивалентной группой
 - г) эквивалентным семейством
 - д) параллельно-эквивалентной группой
20. Если материал в одном направлении лучше, чем в другом проводит тепло и электрический ток, такой материал считают ...
- а) изотропным
 - б) однородным
 - в) анизотропным
 - г) изоморфным
 - д) полупроводниковым
21. К линейным дефектам кристаллической структуры относятся ...
- а) микротрещины
 - б) дислокации
 - в) вакансии
 - г) линейные включения
 - д) границы зёрен
22. К точечным дефектам кристаллической структуры относятся ...

- а) микропоры
- б) дислокации
- в) вакансии
- г) инородные включения
- д) зёрна

23. К поверхностным дефектам кристаллической структуры относятся ...

- а) микротрещины
- б) дислокации
- в) царапины
- г) инородные включения
- д) границы зёрен

24. Какие из перечисленных дефектов кристаллической структуры в наибольшей степени влияют на пластичность материалов?

- а) вакансии
- б) межузельные атомы
- в) примесные атомы
- г) дислокации
- д) инородные атомы

Тема 4. Металлическое состояние

1. Какие из перечисленных типов кристаллических структур наиболее часто встречаются у металлов?

- а) простая гексагональная
- б) тетрагональная примитивная
- в) тетрагональная базоцентрированная
- г) кубическая гранецентрированная
- д) кубическая примитивная

2. Какому типу кристаллической структуры металлов соответствует наибольшая плотность упаковки атомов?

- а) простой гексагональной
- б) тетрагональной примитивной
- в) тетрагональной базоцентрированной
- г) кубической объёмцентрированной
- д) кубической гранецентрированной

3. Какое значение принимает коэффициент компактности в случае гексагональной плотноупакованной структуры металлов?

- а) 0,54
- б) 0,68
- в) 0,71
- г) 0,74
- д) 0,86

4. Какое значение принимает коэффициент компактности в случае объёмцентрированной кубической структуры металлов?

- а) 0,54
- б) 0,68
- в) 0,71
- г) 0,74
- д) 0,86

5. Если у металла гранецентрированная кубическая структура, то базис состоит из ... металла.

- а) одного атома
- б) двух атомов
- в) четырёх атомов
- г) шести атомов
- д) восьми атомов

6. Если у металла объёмцентрированная кубическая структура, то базис состоит из ... металла.

- а) одного атома
- б) двух атомов
- в) четырёх атомов
- г) шести атомов
- д) восьми атомов

7. Если у металла гексагональная плотноупакованная структура, то базис состоит из ... металла.

- а) одного атома

- б) двух атомов
 - в) четырёх атомов
 - г) шести атомов
 - д) восьми атомов
8. В случае гексагональной плотноупакованной структуры металла координационное число равно ...
- а) четырёх
 - б) шести
 - в) восьми
 - г) десяти
 - д) двенадцати
9. В случае объёмцентрированной кубической структуры металла координационное число равно ...
- а) четырёх
 - б) шести
 - в) восьми
 - г) десяти
 - д) двенадцати
10. В случае гранецентрированной кубической структуры металла координационное число равно ...
- а) четырёх
 - б) шести
 - в) восьми
 - г) десяти
 - д) двенадцати
11. Алюминий, медь и благородные металлы имеют ... структуру.
- а) гексагональную плотноупакованную
 - б) простую гексагональную
 - в) простую кубическую
 - г) объёмцентрированную кубическую
 - д) гранецентрированную кубическую
12. Температуру, при которой наблюдается изменение типа кристаллической структуры вещества, называют ...
- а) температурой кристаллического превращения
 - б) температурой рекристаллизации
 - в) порогом рекристаллизации
 - г) температурой полиморфного превращения
 - д) порогом кристаллического превращения

2. Устный опрос

Темы 1, 4, 5, 6

Примеры контрольных вопросов:

Тема 1. Основные представления о строении твёрдых тел

- 1. Назовите основные факторы, определяющие свойства материалов?
- 2. Что понимается под структурой материала?
- 3. Отличия микроструктуры от макроструктуры?
- 4. Способы исследования микроструктуры материала?
- 5. Методы определения хим.состава материала?
- 6. Методы оценки механических свойств материалов?
- 7. Чем отличается кристаллическое состояние твёрдых тел от аморфного?
- 8. Что представляет собой кристаллическая решётка?
- 9. Что вкладывают в понятие "элементарная ячейка"?
- 10. Что такое система симметрии, периоды решётки и базис кристаллической структуры?

Тема 4. Металлическое состояние. Проводники и полупроводники.

- 1. Классификация материалов по электрическим свойствам?
- 2. Классификация проводников?
- 3. Почему металлы хорошо проводят электрический ток?
- 4. Какова природа электрического тока в металлах?
- 5. Какова природа электрического сопротивления металлов?
- 6. Какова природа электрического тока в электролитах?
- 7. Почему с повышением температуры электросопротивление металлов возрастает?
- 8. Почему при прохождении электрического тока проводники нагреваются?

9. Как объясняется способность металлов испускать электроны при нагреве?
10. Почему электропроводность чистых металлов выше, чем их сплавов?
11. Чем полупроводники n-типа отличаются от полупроводников p-типа?
12. Почему с повышением температуры электросопротивление полупроводников уменьшается?

Тема 5. Диэлектрики

1. Что такое поляризация диэлектриков?
2. Какие существуют виды и механизмы поляризации диэлектриков?
3. Классификация диэлектриков по виду поляризации?
4. Что такое диэлектрическая проницаемость?
5. Какова связь диэлектрической проницаемости с процессами поляризации?
6. Что такое диэлектрические потери?
7. Какие факторы влияют на удельное объёмное и поверхностное электросопротивление диэлектриков?
8. Что такое пробой диэлектрика?
9. Механизм пробоя диэлектриков?
10. Что влияет на электрическую прочность диэлектрических материалов?

Тема 6. Магнетизм

1. Классификация материалов по магнитным свойствам?
2. Что такое магнитный момент?
3. Что представляют собой магнитные домены?
4. Температура Кюри?
5. Почему ферромагнетики намагничиваются необратимо?
6. Причина обратимого намагничивания парамагнетиков?
7. Петля гистерезиса и коэрцитивная сила?
8. Магнитомягкие и магнитотвёрдые материалы?
9. Намагниченность диамагнетиков и сверхпроводников?
10. Почему с повышением температуры намагниченность ферромагнетиков исчезает?

3. Проверка практических навыков

Темы 1, 2, 3, 4

Типичные задачи:

Задача 1. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку: 1) примитивной решётки кубической сингонии; 2) объёмноцентрированной решётки ромбической сингонии; 3) гранецентрированной решётки кубической сингонии; 4) базоцентрированной решётки ромбической сингонии; 5) примитивной решётки гексагональной сингонии; 6) гексагональной структуры с плотной упаковкой.

Задача 2. Найти плотность кристалла неона при 20K, если известно, что решётка гранецентрированная кубической сингонии, а постоянная решётки при указанной температуре равна 0,452 нм.

Задача 3. Найти плотность кристалла стронция, если известно, что решётка гранецентрированная кубической сингонии, а расстояние между ближайшими соседними атомами равно 0,43 нм.

Задача 4. Найти постоянную решётки и расстояние между ближайшими соседними атомами кристалла: 1) алюминия (решётка гранецентрированная кубической сингонии); 2) вольфрама (решётка объёмноцентрированная кубической сингонии).

Задача 5. Написать индексы направления прямой, проходящей в кубической решётке через начало координат и узел с кристаллографическими индексами, в двух случаях: 1) $[[242]]$; 2) $[[112]]$.

Задача 6. Написать индексы направления прямой, проходящей через два узла с кристаллографическими индексами (в двух случаях): 1) $[[123]]$ и $[[321]]$; 2) $[[121]]$ и $[[201]]$.

Задача 7. Плоскость проходит через узлы $[[100]]$, $[[010]]$, $[[001]]$ кубической решётки. Написать индексы Миллера для этой плоскости.

Задача 8. Пользуясь классической теорией, вычислить удельные теплоёмкости кристаллов NaCl и CaCl₂.

Задача 9. Определить изменение внутренней энергии кристалла никеля при нагревании его от 0 до 200 градусов Цельсия. Масса кристалла равна 20 г. Теплоёмкость C вычислить.

Задача 10. Определить максимальную частоту собственных колебаний в кристалле золота по теории Дебая. Характеристическая температура равна 180 К.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Агрегатные состояния и превращения веществ.
2. Тепловые и диффузионные процессы в веществах. Фазовый переход.
3. Аморфное и кристаллическое состояние твёрдых тел. Монокристаллы и поликристаллическое (зернистое) строение веществ.
4. Понятие кристаллической решётки и элементарной ячейки. Периоды решетки и система симметрии кристалла.
5. Структура кристаллов. Базис кристаллической структуры.
6. Индексы кристаллографических направлений и атомных плоскостей.
7. Изотропия и анизотропия материалов.
8. Ячейка Вигнера-Зейтца.
9. Точечные дефекты кристаллической структуры (вакансии и межузельные атомы).
10. Линейные дефекты кристаллической структуры (краевые и винтовые дислокации).
11. Обратная решетка. Свойства обратной решетки.
12. Зоны Бриллюэна.
13. Дифракция рентгеновских лучей.
14. Типы связей в кристаллах (силы Ван-дер-Ваальса, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлические кристаллы, водородная связь).
15. Кристаллическая структура металлов (ОЦК, ГЦК и ГПУ-решётки). Явление полиморфизма.
16. Колебания линейной одноатомной цепочки атомов.
17. Колебания линейной двухатомной периодической структуры.
18. Акустическая и оптическая ветви колебаний.
19. Нормальные колебания трехмерного кристалла.
20. Колебания оптического и акустического типов.
21. Классическое выражение энергии колебаний кристалла.
22. Квантовая теория колебаний кристалла. Фононы.
23. Статистика фононов и энергия фононного газа.
24. Теплоемкость решетки. Низкотемпературное приближение.
25. Дебаевская модель колебательного спектра кристаллов. Теплоемкость кристаллов по Дебаю.
26. Тепловое расширение твердых тел.
27. Теплопроводность кристаллической решетки.
28. Рассеяние фононов на фононах.
29. Температурная зависимость коэффициента теплопроводности диэлектриков.
30. Электроны в периодическом поле кристалла.
31. Функция Блоха и ее свойства. Уравнения для функции Блоха.
32. Электрон в кристаллическом поле. Случаи сильной и слабой связи.
33. Движение электрона в кристалле под действием внешнего поля.
34. Классификация твердых тел по их электрическим свойствам на основе зонной теории. Проводники. Диэлектрики. Полупроводники.
35. Статистика электронов в кристалле.
36. Функция Ферми и ее свойства.
37. Энергия Ферми. Поверхность Ферми.
38. Энергия Ферми как функция температуры для сильно вырожденного случая.
39. Численная оценка энергии Ферми в простейшем случае.
40. Электронная теплоемкость металлов.
41. Теплопроводность металлов.
42. Закон Видемана-Франца.
43. Магнитосопротивление.
44. Эффект Холла в металлах и полупроводниках.
45. Носители заряда в собственном полупроводнике. Уровни Ферми.
46. Примеси и их влияние на свойства полупроводников.
47. Доноры и акцепторы. Полупроводники n- и p- типа.
48. Контактные явления в полупроводниках. Контакт Шоттки.
49. Омический контакт.
50. Контактные явления в полупроводниках. P-n переход.
51. Вольтамперная характеристика p-n перехода. Диод.
52. Воздействие света на полупроводник. Фотопроводимость.

53. Экситоны Ванье-Мотта, Френкеля, плазмоны.
54. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы, фотодиоды.
55. Биполярный транзистор, полевой транзистор.
56. Полупроводниковые источники света: светодиоды, лазеры.
57. Диэлектрики. Поляризация диэлектриков.
58. Сегнетоэлектрики. Сегнетоэлектрический фазовый переход.
59. Классификация твердых тел по их магнитным свойствам.
60. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
61. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Классическая и квантовая теории.
62. Феноменологическая теория ферромагнетизма.
63. Спиновые волны-магноны. Статистика спиновых волн.
64. Намагниченность ферромагнетика при низких температурах.
65. Критическая температура.
66. Эффект Мейсснера-Оксенфельда.
67. Критическое поле. Сверхпроводники второго рода.
68. Теплоемкость сверхпроводников.
69. Изотопический эффект.
70. Основы теории Бардина-Купера-Шиффера.
71. Электрон-фононное взаимодействие. Обмен виртуальными фононами.
72. Куперовские пары. Ферми-газ и Бозе-конденсат.
73. Квантование магнитного потока.
74. Эффект Джозефсона.
75. Сверхтекучесть.

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

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 6			
Текущий контроль			
Тестирование	Тестирование проходит в письменной форме или с использованием компьютерных средств. Обучающийся получает определённое количество тестовых заданий. На выполнение выделяется фиксированное время в зависимости от количества заданий. Оценка выставляется в зависимости от процента правильно выполненных заданий.	1	15
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	15
Проверка практических навыков	Практические навыки проверяются путём выполнения обучающимися практических заданий в условиях, полностью или частично приближенных к условиям профессиональной деятельности. Проверяется знание теоретического материала, необходимое для правильного совершения необходимых действий, умение выстроить последовательность действий, практическое владение приёмами и методами решения профессиональных задач.	3	20

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Все о материалах и материаловедении - <http://materiall.ru/>

ЭБС ZNANIUM - <http://znanium.com/>

ЭБС Лань - <http://e.lanbook.com/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В процессе освоения дисциплины следует ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и вопросы для подготовки к зачёту, соблюдая изложенную последовательность разделов и тем дисциплины. При работе с терминами необходимо обращаться к словарям, в том числе доступным в сети Интернет, например, на сайте http://dic.academic.ru . Для активной работы во время лекционных занятий следует заранее ознакомиться с соответствующим разделом программы дисциплины, с рекомендованной литературой, а также просмотреть записи предыдущих лекций.
практические занятия	Целью практических занятий является закрепление теоретического материала дисциплины и приобретение практических навыков его использования для решения поставленных задач. С этой целью на практических занятиях проводятся дискуссии, обсуждения, устные и письменные опросы, а также решаются задачи по соответствующему разделу дисциплины. Для успешного выполнения задач очередного практического занятия необходимо предварительно ознакомиться с соответствующей теорией, руководствуясь при этом планом занятия и обозначенными вопросами.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа обучающихся имеет своей целью глубокое усвоение материала дисциплины, воспитание высокой творческой активности, инициативы, привычки к постоянному совершенствованию своих знаний, совершенствованию и закреплению навыков самостоятельной работы с литературой, умению найти нужный материал и самостоятельно его использовать. Основным условием успеха самостоятельной работы является её систематичность и планомерное распределение в течение всего периода изучения дисциплины.

Вид работ	Методические рекомендации
проверка практических навыков	Практические навыки проверяются путём выполнения практических заданий, и решения задач в рамках соответствующего раздела дисциплины. Для успешного выполнения заданий и решения задач требуются знания теоретического материала, владение приёмами и методами решения задач, а также умение выстроить последовательность действий для достижения поставленной цели.
устный опрос	При подготовке к устному опросу необходимо заранее проработать соответствующий раздел дисциплины, ориентируясь при этом на предварительно обозначенные для практического занятия вопросы. При составлении ответов нужно учитывать, насколько качественно раскрыто содержание темы, и насколько хорошо структурирован ответ.
тестирование	Тестирование по различным темам дисциплины проводится с использованием тестовых заданий из фонда оценочных средств, хранящихся на кафедре материалов, технологий и качества НЧИ КФУ. В тестовых заданиях каждый вопрос содержит 5 вариантов ответа, из которых только один правильный. Если Вам кажется, что правильных ответов больше, выбирайте тот, который, на Ваш взгляд, наиболее точный, полный, правильный.
зачет	Подготовка к зачёту должна осуществляться на основе использования конспектов лекций, методических пособий, а также рекомендованной литературы. При этом следует ориентироваться на программу дисциплины и вопросы, предназначенные для подготовки к зачёту. Помимо теоретических вопросов следует ещё раз просмотреть типовые задачи, которые решались на практических занятиях.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов" и профилю подготовки "Материаловедение и технологии новых материалов".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 22.03.01 - Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки: Материаловедение и технологии новых материалов

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Основная литература:

1. Стрекалов Ю. А. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Стрекалов, Н. А. Тенякова. - Москва : ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с. - В пер. - ISBN 978-5-369-00967-3. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=363421>.
2. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 296 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70766>.
3. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Епифанов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 288 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.

Дополнительная литература:

4. Кузнецов С. И. Курс физики с примерами решения задач. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=417650>.
5. Аникина В. И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения: Практикум / В. И. Аникина, А. С. Сапарова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 148 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/441367>.
6. Новоселов К.Л. Основы геометрической кристаллографии: Учебное пособие / К.Л. Новоселов - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 73 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=701517>.
7. Томилин В.И. Физическое материаловедение. [Электронный ресурс] : учебное пособие: в 2 частях / В. И. Томилин, Н. П. Томилина, В. А. Бахтина. - Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2012. - Ч. 1: Пассивные диэлектрики. - 280 с. - ISBN 978-5-7638-2510-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=440908>.
8. Материаловедение: Учебное пособие / Давыдова И. С., Максина Е.Л., 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 228 с. - ISBN 978-5-369-01222-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=536942>.
9. Матухин, В.Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 224 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.1 Физика твердого тела

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 22.03.01 - Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки: Материаловедение и технологии новых материалов

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.