

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«17» января 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Материаловедение и технология конструкционных материалов»

**Направление подготовки** 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

**Профиль** Технологические системы жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2025

Автор программы \_\_\_\_\_ М. А. Авдеев

Заведующий кафедрой  
Твердотельной электроники \_\_\_\_\_ В. А. Небольсин

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ О. В. Калядин

Воронеж 2025

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Формирование представлений об основных группах материалов, применяемых в технологических системах жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий, их составе, строении и свойствах, физической сущности явлений, происходящих в материалах при различных воздействиях, навыков прогнозирования и регулирования структуры материалов, знаний о методах упрочнения, рациональных областях применения, основных технологических процессах получения и обработки материалов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

– формирование знаний об основных группах материалов, применяемых в технологических системах жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий, их составе, строении и свойствах, физической сущности явлений, происходящих в материалах при различных воздействиях

– формирование умений выполнять инженерно-технические расчеты и разрабатывать конструкторскую документацию отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения

– овладение навыками выполнения инженерно-технических расчетов отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов

– овладение навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния), анализа качества материала в связи с технологией получения и обработки, контроля качества материалов, конструкций и работ

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен выполнять инженерно-технические расчеты и разрабатывать конструкторскую документацию отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий

ПК-11 - Способен осуществлять контроль качества материалов, конструкций и строительных работ

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
--------------------	--

ПК-3	<p>знать основные группы материалов, применяемых в технологических системах жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий, их состав, строение и свойства, физическую сущность явлений, происходящих в материалах при различных воздействиях</p>
	<p>уметь выполнять инженерно-технические расчеты и разрабатывать конструкторскую документацию отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов</p>
	<p>владеть навыками выполнения инженерно-технических расчетов отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов</p>
ПК-11	<p>знать классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах, основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы, методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры, способы применения основных классов материалов</p>
	<p>уметь анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки, осуществлять контроль качества материалов, конструкций и работ</p>
	<p>владеть навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния), анализа качества материала в связи с технологией получения и обработки, контроля качества материалов, конструкций и работ</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего	Семестры
---------------------	-------	----------

	часов	2	3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	36	54
<b>В том числе:</b>			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	-	18
<b>Самостоятельная работа</b>	54	36	18
Виды промежуточной аттестации - зачет, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	144	72	72
зач.ед.	4	2	2

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы физики твердого тела	Общие вопросы физики конденсированного вещества. Элементы физической статистики. Микрочастицы и их взаимодействия. Элементы кристаллографии. Дефекты и диффузия в твердых телах. Ключевые моменты зонной теории твердых тел. Основные вопросы динамики кристаллической решетки	8	8	0	12	28
2	Фазовые превращения в материалах	Формирование структуры чистых веществ при кристаллизации. Фазы и структура в сплавах. Формирование структуры сплавов при кристаллизации. Диаграммы состояния двойных систем. Диаграммы состав – свойство. Диаграммы состояния тройных систем. Аморфные и стеклообразные материалы	10	10	8	24	52
3	Свойства материалов и управление свойствами	Явления на поверхности. Механические (упругие) свойства и механическое разрушение. Тепловые свойства. Электрические свойства. Магнитные свойства. Оптические свойства. Акустические свойства. Прочие специфические свойства материалов. Управление свойствами.	8	8	6	8	30
4	Промышленные материалы	Конструкционные материалы. Функциональные материалы. Наноструктурные материалы. Аморфные материалы. Керамические материалы. Перспективные направления материаловедения	10	10	4	10	34
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>144</b>

### 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Методы определения размеров, масс, плотностей твердых тел
2. Построение диаграмм состояния двойных систем по данным

термического анализа, анализ диаграмм состояния и структуры двойных систем, диаграмма состояния железо – углерод

3. Анализ диаграмм состояния тройных систем
4. Изучение микротвердости материалов
5. Металлографические исследования материалов

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ПК-3	знать основные группы материалов, применяемых в технологических системах жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий, их состав, строение и свойства, физическую сущность явлений, происходящих в материалах при различных воздействиях	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выполнять инженерно-технические расчеты и разрабатывать конструкторскую документацию отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками выполнения инженерно-технических расчетов отдельных деталей и узлов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов			
ПК-11	знать классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах, основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы, методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры, способы применения основных классов материалов	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки, осуществлять контроль качества материалов, конструкций и работ	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния), анализа качества материала в связи с технологией получения и обработки, контроля качества материалов, конструкций и работ	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2, 3 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	знать основные группы материалов, применяемых в технологических системах жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий, их состав, строение и свойства, физическую сущность явлений, происходящих в	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	материалах при различных воздействиях			
	уметь выполнять инженерно-технические расчеты и разрабатывать конструкторскую документацию отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками выполнения инженерно-технических расчетов отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-11	знать классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах, основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы, методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры, способы применения основных классов материалов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки, осуществлять контроль качества материалов, конструкций и работ	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния), анализа качества материала в связи с технологией получения и обработки, контроля качества	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	материалов, конструкций и работ			
--	---------------------------------	--	--	--

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	знать основные группы материалов, применяемых в технологических системах жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий, их состав, строение и свойства, физическую сущность явлений, происходящих в материалах при различных воздействиях	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять инженерно-технические расчеты и разрабатывать конструкторскую документацию отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками выполнения инженерно-технических расчетов отдельных деталей и узлов нестандартизированного оборудования систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий на основе применения оптимально подобранных материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-11	знать классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах, основные классы материалов,	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы, методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры, способы применения основных классов материалов						
уметь анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки, осуществлять контроль качества материалов, конструкций и работ	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	
владеть навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния), анализа качества материала в связи с технологией получения и обработки, контроля качества материалов, конструкций и работ	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

#### Вопрос 1

В отсутствие электрического поля вырожденный электронный газ в проводнике находится в равновесном состоянии и описывается равновесной функцией распределения

- а) Максвелла — Больцмана
- б) Бозе — Эйнштейна
- в) Гиббса
- г) Ферми — Дирака

#### Вопрос 2

В отсутствие электрического поля невырожденный электронный газ в проводнике находится в равновесном состоянии и описывается равновесной функцией распределения

- а) Максвелла — Больцмана
- б) Бозе — Эйнштейна
- в) Гиббса
- г) Ферми — Дирака

### **Вопрос 3**

Направленное движение электронов в проводнике под действием приложенного к проводнику электрического поля называется

- а) дрейфом
- б) потоком
- в) скольжением
- г) рассеянием

### **Вопрос 4**

Подвижность носителей (электронов, дырок) прямо пропорциональна

- а) времени релаксации
- б) эффективной массе
- в) постоянной решетки
- г) среди перечисленных вариантов нет правильных вариантов ответа

### **Вопрос 5**

Переход электронного газа от направленного движения под действием электрического поля к равновесному состоянию после выключения этого поля называется

- а) релаксацией
- б) стабилизацией
- в) упорядочением
- г) дрейфом

### **Вопрос 6**

За время, равное времени релаксации, скорость направленного движения электронов после выключения поля уменьшается

- а) в 2 раза
- б) в  $e$  раз
- в) в  $\pi$  раз
- г) в 10 раз

### **Вопрос 7**

Для невырожденного электронного газа удельная электропроводность определяется

- а) средними величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения
- б) величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения, характерными для электронов, обладающих энергией, практически равной энергии Ферми
- в) максимальными величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения
- г) величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения, характерными для электронов, обладающих наименьшей энергией

### **Вопрос 8**

Для вырожденного электронного газа удельная электропроводность определяется

- а) средними величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения

б) величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения, характерными для электронов, обладающих энергией, практически равной энергии Ферми

в) максимальными величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения

г) величинами длины свободного пробега, числа столкновений и скорости движения, характерными для электронов, обладающих наименьшей энергией

### **Вопрос 9**

Закон Видемана — Франца — Лоренца устанавливает связь между

а) электропроводностью и электронной теплопроводностью твердых тел

б) фононной и электронной теплопроводностью твердых тел

в) электропроводностью твердых тел и концентрацией дефектов решетки

г) электропроводностью и электрическим сопротивлением твердых тел

### **Вопрос 10**

Согласно закону Видемана — Франца — Лоренца отношение электронной теплопроводности твердого тела к электропроводности пропорционально

а)  $T^{-1}$

б)  $T^{1/2}$

в)  $T$

г)  $T^2$

## **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

### **Задача 1**

Оценить максимальную частоту колебаний атомов меди. Дополнительные данные: для Cu характерна решетка ГЦК, модификаций нет; модуль Юнга равен 125 ГПа, плотность  $\rho = 8,96 \text{ г/см}^3$ , атомный металлический радиус составляет 0,128 нм.

### **Задача 2**

Молярная теплоемкость титана при комнатной температуре равна 25,1 Дж/(моль·К). Чему равна теплоемкость в расчете на одну частицу?

### **Задача 3**

Оцените температуру Кюри ферромагнетика, если магнитный момент атома равен  $2\mu_B$  ( $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ ), постоянная Вейсса 1000, число атомов в единице объема  $8 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ .

### **Задача 4**

Чему равна удельная намагниченность материала, если намагниченность составляет 400 кА/м, а плотность –  $7,5 \text{ г/см}^3$ ?

### **Задача 5**

Каково значение размагничивающего поля, если внешнее магнитное поле напряженностью 10 кА/м, ориентированное перпендикулярно плоскости тонкой ферромагнитной пленки, создает магнитную индукцию 0,4 Тл?

### **Задача 6**

Рассчитайте, используя известные закономерности, удельную электропроводность железа, если его теплопроводность при комнатной температуре составляет 67 Вт/(м × К).

### **Задача 7**

Удельное электрическое сопротивление металлической нанопроволоки изменилось на 30 % при уменьшении диаметра проволоки от 20 до 15 нм. Оцените длину свободного пробега электрона в массивном материале.

### **Задача 8**

Оцените скорость звука в стали, если модуль Юнга равен 210 ГПа, а плотность составляет 7,8 г/см<sup>3</sup>.

### **Задача 9**

Кинетическая энергия  $E_k$  электрона в атоме водорода составляет порядка 10 эВ. Используя соотношение неопределенностей, оценить минимальные размеры атома.

### **Задача 10**

Приняв, что электрон находится внутри атома диаметром 0,4 нм, требуется найти (в электрон-вольтах) неопределенность энергии данного электрона.

## **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

### **Задача 1**

Оценить решеточную молярную теплоемкость алюминия при значениях температуры 2 и 700 К.

### **Задача 2**

Оценить различными методами температуру Дебая для алюминия. Дополнительные данные: для Al характерна решетка ГЦК, модификаций нет; модуль Юнга равен 72 ГПа, температура плавления равна 933 К, молярная масса  $M = 27$  г/моль, плотность  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>, атомный металлический радиус составляет 0,143 нм.

### **Задача 3**

Оценить длину свободного пробега фононов для низких значений температуры, много ниже температуры Дебая, для металла (металлический радиус составляет 0,2 нм, ОЦК решетка) с атомной долей примесей, равной 0,1 %, для металла с плотностью дислокаций  $10^6$  см/см<sup>3</sup>, для монокристалла со средним размером грани 10 нм.

### **Задача 4**

При какой температуре электронная и решеточная составляющие теплоемкости серебра равны друг другу, если коэффициент электронной теплоемкости равен  $6,8 \cdot 10^{-4}$  Дж/(моль·К<sup>2</sup>), а температура Дебая составляет 225 К?

### **Задача 5**

Рассчитайте значение удельного электросопротивления, обусловленного атомами растворенных элементов, если при температуре 2 К значение удельного сопротивления составляет 0,7 нОм × см, при 4 К – 1,9 нОм × см, при 6 К – 3,9 нОм × см

### **Задача 6**

При температуре 0 К алюминиевый образец имел форму кубика с длиной ребра 10 мм. Чему примерно равна длина ребра при нагреве до температуры,

близкой к температуре плавления (933 К)?

#### **Задача 7**

Температура Кюри ферромагнетика равна 100 К. Во сколько раз изменится магнитная восприимчивость этого материала при нагреве от 200 до 300 К?

#### **Задача 8**

Оценить значение коэффициента теплопроводности при температуре 3 К для монокристалла с линейными размерами около 0,5 мкм, если известно, что скорость распространения звука в материале составляет 3000 м/с, температура Дебая равна 430 К, плотность материала  $\rho = 22,65 \text{ г/см}^3$ , молярная масса  $M = 192 \text{ г/моль}$ .

#### **Задача 9**

Используя закон Дебая, оцените температуру Дебая ванадия по приведенным в таблице значениям молярной теплоемкости  $C$  при разных значениях температуры  $T$ .

$T, \text{ К}$	2,0	3,0	4,0	5,0
$C, 10^{-6} \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$	31,5	106,4	252,2	492,7

#### **Задача 10**

Оценить решеточную молярную теплоемкость алюминия при значениях температуры 4,2 и 77 К.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к зачету**

Макроскопические свойства конденсированного вещества.  
Микроскопические свойства конденсированного вещества: экспериментальные факты. Процесс зарождения конденсированного вещества. Классификация конденсированных сред. Масштабы и размерность объектов физики конденсированного состояния. Классификация свойств и явлений в конденсированных средах. Способы описания состояния макроскопической системы (коллектива). Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функция распределения для невырожденного газа. Функция распределения для вырожденного газа фермионов. Функция распределения для вырожденного газа бозонов. Правила статистического усреднения. Микрочастицы и их взаимодействия: типы микрочастиц. Типы микрочастиц: атомы. Типы микрочастиц: молекулы, атомарные и молекулярные ионы. Химическая связь и валентность. Энергия связи. Связь Ван-дер-Ваальса (молекулярная связь). Ковалентная связь. Смешанные ковалентные и Ван-дер-Ваальсовы связи. Ионная связь. Смешанные ионно-ковалентные связи. Металлическая связь. Водородная связь. Сопоставление различных видов связи. Макроскопические характеристики кристаллов: кристаллы, кристаллическое вещество. Макроскопические характеристики кристаллов: однородность кристаллического вещества. Макроскопические характеристики кристаллов: анизотропия кристаллического вещества. Макроскопические характеристики кристаллов: симметрия. Макроскопические характеристики кристаллов: огранение кристаллов. Микроструктура кристаллического вещества: пространственная решетка и обоснования принципа микропериодичности.

Микроструктура кристаллического вещества: структурные характеристики конденсированных фаз. Кристалл как геометрическое тело. Понятие симметрии: определение симметрии. Основные изометрические преобразования пространства и символика Браве для описания их элементов. Классы симметрии кристаллов. Категория. Сингония. Основные законы геометрической кристаллографии. Трансляционная симметрия. Базис. Элементарная ячейка. Кристаллографические направления, плоскости и зоны. Индексы узлов решетки, узловых рядов (кристаллографических направлений), узловых (кристаллографических) плоскостей. Сингонии кристаллов. Решетки Браве. Ячейка Вигнера — Зейтца. Принцип плотной упаковки. Структурные единицы кристалла. Основные типы структур простых веществ. Кристаллохимические свойства элементов. Твердые растворы и изоморфизм. Твердые растворы и их упорядочение. Электронные соединения. Структуры с ионным характером связи. Ковалентные структуры. Аморфные и стеклообразные материалы. Классификация дефектов. Точечные дефекты: дефекты по Френкелю, дефекты по Шоттки, специфика междоузлий различных типов решёток. Точечные дефекты и искажение решётки. Радиационные точечные дефекты. Дислокации: общие сведения. Вектор и контур Бюргерса. Образование дислокаций в кристалле. Движение дислокаций. Барьеры Пайерлса — Набарро. Дефект упаковки. Границы зерен. Объемные дефекты. Взаимодействие дефектов в кристаллических твердых телах: ассоциаты, комплексы. Дефекты в аморфных материалах. Механизмы диффузии в твердых телах. Диффузия в кристаллах. Макроскопическая диффузия. Законы Фика. Обобществление электронов. Энергетические зоны. Заполнение зон электронами: проводники, полупроводники и диэлектрики. Эффективная масса электрона. Электронная подсистема твердого тела и возмущающие воздействия. Гармоническое приближение. Понятие о нормальных колебаниях решетки. Колебания атомов трехмерной решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Понятие о фононах. Ангармонизм колебаний атомов. Кристаллизация. Гомогенная (самопроизвольная) кристаллизация. Гетерогенная (несамопроизвольная) кристаллизация. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения. Твердые растворы. Химические соединения. Структура сплавов. Процесс кристаллизации и фазовые превращения в сплавах. Диаграммы фазового равновесия. Классификация двойных систем. Диаграммы состояния систем с моновариантными равновесиями. Диаграмма состояния системы с непрерывными рядами жидких и твердых растворов. Диаграмма состояния системы с точками экстремума на кривых ликвидуса и солидуса. Диаграмма состояния системы с бинодальной кривой. Диаграмма состояния систем с упорядоченными твердыми растворами. Диаграммы состояния систем с моно- и невариантными равновесиями. Граничные растворы на основе компонентов. Диаграмма состояния системы с эвтектическим равновесием. Диаграмма состояния системы эвтектического типа с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии. Диаграмма состояния системы с перитектическим равновесием. Диаграмма состояния системы с

ретроградной кривой солидуса. Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами. Классификация промежуточных фаз. Диаграммы состояния систем с конгруэнтно плавящимися промежуточными фазами. Дальтонида и бертоллида. Диаграммы состояния систем с инконгруэнтно плавящимися промежуточными фазами. Диаграмма состояния системы с промежуточной фазой, плавящейся конгруэнтно в промежуточной точке. Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами, образующимися в твердом состоянии. Диаграммы состояния систем с упорядоченными промежуточными фазами. Диаграммы состояния систем с моно- и невариантными равновесиями твердых растворов на основе полиморфных компонентов и промежуточных фаз. Полиморфизм металлов и соединений. Диаграммы состояния систем с моновариантными равновесиями твердых растворов на основе полиморфных модификаций компонентов. Диаграмма состояния системы с эвтектоидным равновесием. Диаграмма состояния системы с монотектоидным равновесием. Диаграммы состояния систем с метатектическим равновесием. Диаграммы состояния систем с полиморфными промежуточными фазами. Диаграммы состояния систем с моно- и невариантными равновесиями жидких растворов на основе компонентов. Условия ограниченной растворимости металлов в жидком состоянии. Диаграммы состояния систем с компонентами, кристаллизующимися из собственных расплавов. Диаграмма состояния системы с монотектическим равновесием. Диаграммы состояния систем с синтетическим равновесием. Закономерности строения диаграмм состояния двойных систем. Изображение фазовых равновесий. Комбинированные диаграммы состояния. Диаграммы состояния тройных систем. Геометрическое изображение тройных диаграмм. Концентрационный треугольник. Правила рычага и центра тяжести треугольника. Расчет шихты тройных сплавов. Классификация диаграмм состояния тройных систем. Диаграммы состояния тройных систем с неограниченной растворимостью в твердом и жидком состояниях. Пространственная диаграмма состояния простейшего типа (без экстремальных точек в двойных системах). Кристаллизация тройных сплавов-растворов. Изотермические разрезы и их свойства. Политермические разрезы и их свойства. Диаграммы состояния систем с экстремальными точками и бинадальным куполом. Пример анализа реальной системы с неограниченной растворимостью в твердом состоянии. Диаграммы состояния тройных систем с моновариантным эвтектическим равновесием. Проекция пространственной диаграммы состояния с моновариантным эвтектическим равновесием. Фазовые превращения в системе с моновариантным эвтектическим равновесием. Изотермические разрезы диаграммы с моновариантным эвтектическим равновесием. Политермические разрезы диаграммы с моновариантным эвтектическим равновесием. Правило о числе фаз в соприкасающихся фазовых областях. Пример анализа реальной системы с моновариантным эвтектическим равновесием. Диаграммы состояния тройных систем с промежуточными конгруэнтно плавящимися соединениями. Проекция пространственной

диаграммы состояния с промежуточным двойным конгруэнтно плавящимся соединением. Изотермические разрезы диаграммы с промежуточным двойным конгруэнтно плавящимся соединением. Политермические разрезы диаграмм с промежуточным двойным конгруэнтно плавящимся соединением. Квазибинарные разрезы и их свойства. Триангуляция тройных диаграмм с промежуточными конгруэнтно плавящимися соединениями. Пример анализа реальной системы с квазибинарным разрезом. Диаграммы состояния тройных систем с невариантным перитектическим равновесием. Проекция пространственной диаграммы состояния с невариантным перитектическим равновесием. Фазовые превращения в системе с невариантным перитектическим превращением. Изотермические разрезы диаграммы с невариантным перитектическим превращением. Политермические разрезы диаграммы с невариантным перитектическим превращением. Диаграммы состояния тройных систем с промежуточными инконгруэнтно плавящимися соединениями. Проекция пространственной диаграммы состояния с промежуточным двойным инконгруэнтно плавящимся соединением. Фазовые превращения в системе с промежуточным двойным инконгруэнтно плавящимся соединением. Изотермические разрезы диаграммы с промежуточным двойным инконгруэнтно плавящимся соединением. Политермические разрезы диаграммы с промежуточным двойным инконгруэнтно плавящимся соединением. Пример анализа реальной системы с промежуточными инконгруэнтно плавящимися соединениями. Диаграммы состояния тройных систем с ограниченной растворимостью в жидком состоянии и монотектическим равновесием. Проекция пространственной диаграммы состояния с моновариантным монотектическим превращением. Фазовые превращения в системе с моновариантным монотектическим превращением. Изотермические разрезы диаграммы с моновариантным монотектическим превращением. Политермические разрезы диаграммы с моновариантным монотектическим превращением. Диаграмма состояния с невариантным монотектическим превращением. Примеры анализа реальных систем с монотектическим превращением. Диаграммы состояния тройных систем с полиморфными компонентами. Диаграммы состояния с моновариантными эвтектоидным, перитектоидным и монотектоидным равновесиями. Диаграммы состояния с невариантными эвтектоидным, перитектоидным и монотектоидным равновесиями. Примеры реальных систем с полиморфными компонентами. Расчетные методы анализа тройных диаграмм. Построение математических моделей поверхностей ликвидуса и солидуса по экспериментальным данным методом симплексного планирования. Расчет массовых и объемных долей фаз трехфазных сплавов. Расчет границ трехфазных областей изотермических и политермических сечений. Основы термодинамического расчета тройных диаграмм состояния. Элементарный закон Гука. Тензоры напряжений и деформаций и закон Гука для анизотропных твердых тел. Пластические свойства кристаллов. Деформация скольжением и двойникованием. Хрупкое разрушение. Твердость. Механические свойства твердых тел при низких температурах:

Прочность металлов на растяжение при низких температурах. Металлы, которые остаются пластичными при низких температурах. Предел прочности. Теплоемкость твердого тела. Энергия тепловых колебаний решетки. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Элементы зонной теории твердых тел. Дрейф электронов под действием внешнего поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника. Электропроводность невырожденного и вырожденного газов. Закон Видемана — Франца — Лоренца. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Влияние температуры на электропроводность чистых металлов. Электропроводность сплавов. Магнитное поле в твердых телах. Природа диамагнетизма, парамагнетизма, ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитный резонанс. Ядерное магнитное упорядочивание. Отрицательные спиновые температуры. Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Дефекты в аморфных материалах. Аморфные полупроводники, диэлектрики, металлы. Основные параметры, характеризующие проводниковые материалы: удельная проводимость, температурный коэффициент удельной проводимости и др. Связь проводимости с электронной структурой материалов. Классификация проводниковых материалов. Сверхпроводящие металлы и сплавы. Высокотемпературные сверхпроводники. Области применения сверхпроводников. Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден, рений, тантал, ниобий, цирконий и др. Сплавы тугоплавких металлов. Благородные металлы: золото, серебро, платина, палладий. Металлы со средним значением температуры плавления: железо, никель, кобальт. Сплавы для электровакуумных приборов. Припой и флюсы. Материалы для катодов. Резистивные сплавы на основе меди: манганин, константан. Хромоникелевые сплавы. Металлы и сплавы для термопар. Неметаллические проводящие материалы: углеродистые материалы, природный графит, пиролитический углерод, контактолы. Композиционные проводящие материалы. Жаростойкие материалы для нагревательных элементов на основе карбидов и силицидов. Основные параметры, характеризующие полупроводниковые материалы: концентрация и подвижность электронов и дырок, температурный коэффициент удельной проводимости, ширина запрещенной зоны, энергия активации примесей и др. Основные требования к полупроводниковым материалам. Классификация полупроводниковых материалов по типу электропроводности, по химическому составу, по структуре. Сырьевые материалы и получение кремния. Структура и физико-химические свойства кремния. Основные марки кремния, выпускаемые промышленностью. Применение кремния. Сырьевые материалы и получение германия. Структура и физико-химические свойства германия. Основные марки германия, выпускаемые промышленностью. Применение германия. Аморфные германий и кремний. Закономерности образования двойных полупроводниковых фаз. Алмазоподобные полупроводниковые фазы. Равновесные диаграммы состояния, содержащие полупроводниковые

соединения. Полупроводниковые соединения  $A^{III}B^V$ . Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на основе полупроводникового соединения  $A^{III}B^V$ . Полупроводниковые соединения  $A^{II}B^{VI}$ . Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе. Полупроводниковые соединения  $A^{IV}B^{VI}$ . Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе. Полупроводниковые соединения  $A^I B^{VII}$ . Основные свойства. Карбид кремния. Основные физико-химические свойства. Явление политипизма. Применение. Основные параметры, характеризующие магнитные материалы: магнитная проницаемость, индукция насыщения, остаточная индукция, коэрцитивная сила, коэффициент магнитострикции и др. Классификация магнитных материалов. Общие требования к материалам. Технически чистое железо. Электротехнические стали. Пермаллои. Технологические вопросы, связанные с применением электротехнических сталей и пермаллоев. Магнитомягкие ферриты. Магнитодиэлектрики. Аморфные металлические сплавы. Общие требования, предъявляемые к материалам. Стабильность постоянных магнитов. Намагничивание и размагничивание постоянных магнитов. Сплавы дисперсионного твердения. Магнитотвердые ферриты. Магниты из порошков. Сплавы с редкоземельными элементами. Композиционные магнитотвердые материалы. Магнитные материалы для носителей магнитной записи и воспроизведения информации. Материалы с прямоугольной петлей гистерезиса. Магнитострикционные материалы. Основные тенденции и направления дальнейшего развития материаловедения. Разработка нетрадиционных материалов для различных устройств на основе новых физических принципов.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

*Укажите вопросы для экзамена*

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Незачет» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Зачет» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 20 баллов*

*Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы физики твердого тела	ПК-3, ПК-11	Тест, устный опрос, контрольная работа
2	Фазовые превращения в материалах	ПК-3, ПК-11	Тест, устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Свойства материалов и управление свойствами	ПК-3, ПК-11	Тест, устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Промышленные материалы	ПК-3, ПК-11	Тест, устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения**

## **ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Сапунов С.В. Материаловедение. Изд. Лань, 2015, 208 с.
2. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. СПб Лань 2016.
3. Янченко Л.И. Физическое материаловедение Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2005. 207 с.
4. Сост. Ю.Е. Калинин, Л.И. Янченко Методические указания к лабораторным работам № 1-5 по курсу «Физическое материаловедение» для бакалавров направления 223200 «Техническая физика» очной формы обучения / ВГТУ, Воронеж, 2012. 48 с. 68-2012.
5. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники Учебник. – СПб.: Лань, 2004 г. – 368 с.
6. Калинин Ю.Е., Янченко Л.И. Методические указания к лабораторным работам № 1-5 по курсу "Физическое материаловедение" для студентов направления 140400 «Техническая физика» очной формы обучения ВГТУ, Воронеж, 2008 г.
7. Янченко Л.И. Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине «Физическое материаловедение» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») очной формы обучения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, 2015 № 471-2015
8. Богодухов С.И., Синюхин А.В., Козик Е.С. Курс материаловедения в вопросах и ответах. Машиностроение, 2014. -352 с. Уч. Пособ.
9. Осинцев О.Е. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые равновесия в сплавах. Машиностроение. Уч. пособ., 2014. 352 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Microsoft Office (Word, Excel)

Internet Explorer

Adobe Acrobat Reader

<https://www.iprbookshop.ru>

<https://e.lanbook.com>

<https://old.education.cchgeu.ru>

<https://bbb.cchgeu.ru>

<https://elibrary.ru>

<https://cchgeu.ru>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий

необходимы:

1. Лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Учебно-научная лаборатория «Нанотехнологии и наноматериалы».
3. Учебно-научная лаборатория «Физических методов исследования».
4. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.
5. Образцы материалов с особыми свойствами. Лабораторное оборудование: печи, микроскопы, твердомеры, измерительные установки.

Для самостоятельной работы используется «Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций/ Аудитория для самостоятельной работы»

Оборудование аудитории: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- персональный компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде вуза.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета на основе диаграмм состояния, подбора материалов с заданными физическими свойствами, обусловленными структурными особенностями материала. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на

	практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--