

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
профессор **Е.И. Пряхин**

---

**Проректор по образовательной**  
деятельности  
доцент **Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **АМОРФНЫЕ И МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Уровень высшего образования:</b> | <i>Магистратура</i>  |
| <b>Направление подготовки:</b>      | <i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>       |
| <b>Направленность (профиль):</b>    | <i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i> |
| <b>Квалификация выпускника:</b>     | <i>Магистр</i>   |
| <b>Форма обучения:</b>              | <i>очная</i>   |
| <b>Составитель:</b>                 | <i>Профессор Петкова А.П.</i>                                  |

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Аморфные и микрокристаллические материалы»** разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24.04.2018;
- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор А.П. Петкова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий от 15.02.2023 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ профессор, д.т.н. Е.И. Пряхин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – дать будущим магистрам современные знания об аморфном и микрокристаллическом состояниях вещества, необходимые для решения материаловедческих и металлургических задач, совершенствования существующих и создания новых материалов и наноматериалов.

Задачи дисциплины - овладение магистрантами основными принципами разработки, исследования и использования аморфных и кристаллических материалов; процессам их формо- и структурообразования, а также управлению их качеством для различных областей техники и технологии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аморфные и микрокристаллические материалы» относится к обязательной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий» изучается во 2 семестре.

Дисциплина «Аморфные и микрокристаллические материалы» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий», «Обеспечение стабильности свойств материалов и надежности конструкций».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Аморфные и микрокристаллические материалы» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО  |                 | Основные показатели освоения программы дисциплины   |
|---|-----------------|---|
| Содержание компетенции  | Код компетенции |   |
| Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач. | ПКО-1           | ПКО-1.1. Демонстрировать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач. |
|   |                 | ПКО-1.2. Устанавливать закономерности взаимосвязи состава материалов, их структуры и физико-механических свойств.   |
| Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале                                      | ПКО-7           | ПКО-7.1. Оценивать соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам. Своевременно выявлять брак, анализируя его причины, предотвращать его появление.                   |
|   |                 | ПКО-7.2. Знать технологические процессы, оборудование и инструменты, контролируемые их параметры, нормы расхода материалов и сопутствующих веществ.   |
| Способен решать задачи, относящиеся к   | ПКО-8           | ПКО-8.1. Уметь решать профессиональные задачи, относящиеся к производству,  |

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО   |                 | Основные показатели освоения программы дисциплины  |
|--|-----------------|--|
| Содержание компетенции   | Код компетенции |  |
| производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий |                 | обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий.  |
|  |                 | ПКО-8.2. Владеть применением основ теории материаловедения современных материалов при решении технологических задач их производства. Выполнением расчетов основных параметров технологических процессов, учитывать особенности технологической оснастки, приспособлений, систем управления технологическими процессами |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Аморфные и микрокристаллические материалы» составляет 3 зачетные единицы, 108 ак. часов.

| Вид учебной работы  | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
|   |                 | 2                     |
| <b>Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>             | <b>45</b>       | <b>45</b>             |
| Лекции  | 15              | 15                    |
| Практические занятия (ПЗ)                                   | 30              | 30                    |
| Лабораторные работы (ЛР)                                    | -               | -                     |
| <b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b> | <b>63</b>       | <b>63</b>             |
| Выполнение курсовой работы (проекта)                        | -               | -                     |
| Подготовка к практическому занятию                          | 30              | 30                    |
| Подготовка к лабораторному занятию                          | -               | -                     |
| Расчетно-графическая работа (РГР)                           | 24              | 24                    |
| Подготовка к дифф. зачету                                   | 9               | 9                     |
| <b>Промежуточная аттестация – дифф. зачет</b>               | <b>ДЗ</b>       | <b>ДЗ</b>             |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>                        |                 |                       |
|   | <b>ак. час</b>  | <b>108</b>            |
|   | <b>зач. ед.</b> | <b>3</b>              |

## 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| Наименование разделов   | Виды занятий    |           |                      |                     |   |
|---|-----------------|-----------|----------------------|---------------------|---|
|   | Всего ак. часов | Лекции    | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект) |
| Раздел 1. «Понятие об аморфном состоянии вещества»            | 16              | 2         | 4                    | -                   | 10  |
| Раздел 2. «Способы получения материалов в аморфном состоянии» | 13              | 4         | 4                    | -                   | 5   |
| Раздел 3. «Структура аморфных материалов»                     | 11              | 2         | 4                    | -                   | 5   |
| Раздел 4. «Свойства аморфных сплавов»                         | 14              | 2         | 4                    | -                   | 8   |
| Раздел 5. «Применение аморфных металлических материалов»      | 24              | 2         | 8                    | -                   | 14  |
| Раздел 6. «Микрокристаллические материалы»                    | 30              | 3         | 6                    | -                   | 21  |
| <b>Итого:</b>   | <b>108</b>      | <b>15</b> | <b>30</b>            | <b>-</b>            | <b>63</b>   |

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                     | Содержание лекционных занятий  | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---|--|--------------------------|
| 1     | «Понятие об аморфном состоянии вещества»            | Введение. Цели и задачи курса. Аморфное состояние вещества. Электронно-микроскопические исследования структуры аморфных многокомпонентных покрытий. Отличия в структуре аморфных и нанокристаллических материалов. | 2                        |
| 2     | «Способы получения материалов в аморфном состоянии» | Способы и условия формирования аморфных материалов.  | 4                        |
| 3     | «Структура аморфных материалов»                     | Структура аморфных материалов. Структурные дефекты в аморфном состоянии.   | 2                        |
| 4     | «Свойства аморфных сплавов»                         | Свойства аморфных сплавов. Явления, происходящие при нагреве аморфных сплавов. Термическая стабильность аморфных материалов.   | 2                        |
| 5     | «Применение аморфных металлических материалов»      | Магнитомягкие аморфные сплавы. Сверхпроводящие аморфные сплавы. Высокопрочные аморфные сплавы. Коррозионно-стойкие аморфные сплавы.  | 2                        |

| № п/п         | Наименование раздела дисциплины  | Содержание лекционных занятий  | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|----------------------------------|--|--------------------------|
| 6             | «Микрокристаллические материалы» | Методы получения микрокристаллических структур материалов. Феноменология и природа сверхпластичности материалов. Обработка материалов с использованием сверхпластической деформации. | 3                        |
| <b>Итого:</b> |                                  |  | <b>15</b>                |

#### 4.2.3. Практические занятия

| № п/п         | Раздел    | Тематика практических занятий  | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|-----------|--|--------------------------|
| 1.            | Раздел 1. | Электронно-микроскопические исследования структуры аморфных многокомпонентных покрытий | 2                        |
|               |           | Отличия в структуре аморфных и нанокристаллических материалов                          | 2                        |
| 2.            | Раздел 2. | Условия формирования аморфных материалов   | 4                        |
| 3.            | Раздел 3. | Структурные дефекты в аморфном состоянии   | 4                        |
| 4.            | Раздел 4. | Явления, происходящие при нагреве аморфных сплавов                                     | 2                        |
|               |           | Термическая стабильность аморфных материалов   | 2                        |
| 5.            | Раздел 5. | Магнитомягкие аморфные сплавы  | 2                        |
|               |           | Сверхпроводящие аморфные сплавы  | 2                        |
|               |           | Высокопрочные аморфные сплавы  | 2                        |
|               |           | Коррозионно-стойкие аморфные сплавы  | 2                        |
| 6.            | Раздел 6. | Методы получения микрокристаллических структур материалов                              | 2                        |
|               |           | Феноменология и природа сверхпластичности материалов                                   | 2                        |
|               |           | Обработка материалов с использованием сверхпластической деформации                     | 2                        |
| <b>Итого:</b> |           |  | <b>30</b>                |

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.2.5. Курсовая работа (проект)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

#### 4.2.6. Примеры задач для РГР

В качестве самостоятельной работы студент повторяет лекционный материал и читает дополнительный материал, отвечает на вопросы по тематике пройденного раздела.

Для выполнения РГР студенту выдаются задачи, которые необходимо решить к установленному сроку.

#### Пример задачи для РГР № 1 и ее решение:

Определите, сколько микропор приходится на 1 кг активированного угля, учитывая, что микропоры имеют цилиндрическую форму (диаметр 1,2 нм, высота 1,7 нм). Удельный объем

микропор активированного угля  $0,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Сравните с числом капилляров 1 кг многослойных углеродных нанотрубок, если диаметр нанотрубки – 20 нм, длина – 2 мкм, диаметр капилляра – 5 нм, плотность  $2,1 \text{ г/см}^3$  соответственно.

Объем одной микропоры

$$V_1 = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3.14(1.2 \cdot 10^{-9})^2 1.7 \cdot 10^{-9} = 7.687 \cdot 10^{-27} \text{ м}^3.$$

Число микропор

$$N = \frac{V_{\text{дв}}}{V_1} = \frac{0.5 \cdot 10^3}{7.687 \cdot 10^{-27}} = 6.505 \cdot 10^{22} \text{ пор на 1 кг угля}$$

Объем одной нанотрубки

$$V_1 = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3.14(20 \cdot 10^{-9})^2 2 \cdot 10^{-6} = 2.512 \cdot 10^{-21} \text{ м}^3.$$

Число капилляров

$$N = \frac{V_{\text{дв}}}{V_1} = \frac{5 \cdot 10^{-9} \cdot 2.1 \cdot 10^3}{2.512 \cdot 10^{-21}} = 4.179 \cdot 10^{15}$$

### Пример задачи для РГР № 2:

Определить, как увеличится свободная поверхностная энергия частиц, содержащихся в 1 кг ультрадисперсного порошка с размером частиц 50 нм, по сравнению с нераздробленной его массой с размером частиц 1 мм, плотностью  $2,1 \text{ г/см}^3$ .

### Пример задачи для РГР № 3

Определить скорость оседания частиц металлического порошка радиусом 50 нм в воде ( $\eta=1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ) и в воздухе ( $\eta=1,81 \cdot 10^{-7} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ), плотность частиц  $\rho=1,1 \text{ кг/м}^3$ , воды и воздуха при  $293 \text{ К}$   $1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  и  $1,205 \text{ кг/м}^3$  соответственно.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Понятие об аморфном состоянии вещества**

1. Приведите примеры электронно-микроскопических исследований структуры аморфных многокомпонентных покрытий.
2. Назовите отличия в структуре аморфных и нанокристаллических материалов.
3. Что такое температура стеклования?
4. Назовите критерии легкой аморфизации сплавов.
5. Наличие каких интерметаллических соединений облегчает процесс аморфизации?
6. Почему глубокая эвтектика повышает склонность к аморфизации?
7. Как можно количественно выразить способность к аморфизации?
8. Какова величина приведенной температуры стеклообразования для большинства металлических стекол?

#### **Раздел 2. Способы получения материалов в аморфном состоянии**

1. Под действием какой силы тонкая лента аморфного сплава отделяется при спиннинговании?
2. Изобразите схему метода спиннингования.
3. Каким способом происходит нагрев исходного материала при спиннинговании?
4. Какую форму обычно имеет охлаждающий диск при спиннинговании?
5. Какая максимальная скорость охлаждения расплава при спиннинговании?
6. Назовите методы получения тонкой ленты путем закалки из расплава и их суть.
7. В чем состоит трудность метода Тейлора и для производства чего он применяется?
8. Перечислите методы производства порошков аморфных сплавов.
9. Объясните сущность метода лазерного глазурирования.

#### **Раздел 3. Структура аморфных материалов**

1. Объяснить отсутствие кристаллической анизотропии в аморфных сплавах.
2. Назовите многокомпонентные аморфные сплавы.
3. На основе каких металлов были получены объемные аморфные металлические сплавы?
4. Какие благородные металлы могут образовывать аморфные сплавы?
5. Какие переходные металлы могут образовывать аморфные сплавы?
6. Что такое металлоид и зачем он применяется?
7. Почему в аморфных сплавах отсутствуют границы блоков, зерен и другие дефекты структуры, типичные для поликристаллических сплавов?

#### **Раздел 4. Свойства аморфных сплавов**

1. С помощью какой термической обработки можно изменять магнитные свойства аморфных металлических сплавов на основе железа?
2. Какое влияние на магнитные свойства аморфных металлических сплавов на основе железа оказывает пластическая деформация?
3. Какими особыми свойствами обладают аморфные металлические сплавы на основе кобальта?
4. За счет чего возможно повышение термической стабильности аморфных металлических сплавов?
5. Какие аморфизаторы понижают температуру плавления?
6. Что такое структурная релаксация? Назовите ее причины.
7. Опишите процесс «расстекловывания» аморфных сплавов.

## **Раздел 5. Применение аморфных металлических материалов**

1. Для изготовления чего применяют аморфные элинвары?
2. Какие аморфные сплавы используют в качестве катализаторов химических реакций?
3. В каких кислотах можно эксплуатировать аморфные сплавы?
4. Назовите аморфные сплавы, применяемые для сердечников высокочастотных трансформаторов.
5. Какие химические элементы содержит аморфный высокоуглеродистый сплав, обладающий пределом прочности при растяжении 3800 МПа и температурой кристаллизации 880 К?
6. Какой аморфный сплав для сокращения потерь в сердечниках разработан в Японии?
7. Возможно ли изгибать изделия, сплетенные из ленты аморфного сплава?

## **Раздел 6. Микрорекристаллические материалы**

1. Поясните суть методов интенсивного пластического деформирования для микрорекристаллических материалов.
2. Перечислите наиболее широко распространенные микрорекристаллические материалы.
3. Опишите технологию производства микрорекристаллических материалов.
4. Какова структура микрорекристаллических материалов?
5. Назовите дефекты структуры, характерные для микрорекристаллических материалов.
6. На основе каких металлов создаются микрорекристаллические материалы?
7. Опишите процесс распыления расплавов (жидких металлов) сжатым воздухом или в среде инертных газов для получения микрорекристаллических материалов.
8. Поясните суть процесса ASEA-Stora.
9. Принцип действия метода газового и водного распыления для получения микрорекристаллических материалов.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)**

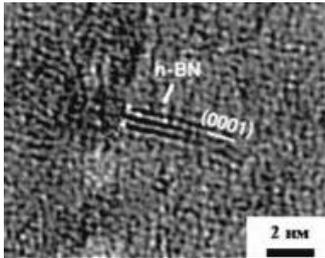
#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифференцированному зачету:**

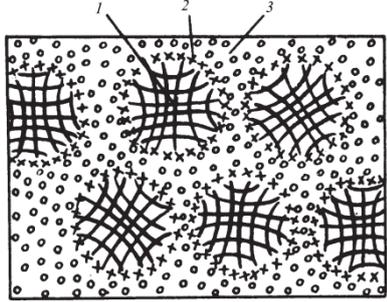
1. Какие вещества называют аморфными?
2. Что такое «металлическое стекло»?
3. Какое термодинамическое состояние обеспечивает переход вещества в аморфную фазу?
4. Назовите недостатки аморфных материалов.
5. Перечислите отличия в структуре аморфных и нанокристаллических материалов.
6. Какая скорость охлаждения обеспечивает получение аморфной структуры металлических сплавов?
7. Какая ширина ленты аморфного сплава может быть получена при центробежной закалке и при прокатке расплава? От чего зависит эта величина?
8. Как получают аморфную проволоку?
9. Поясните суть метода выстреливания расплава.
10. Какой наиболее распространенный метод аморфизации из жидкого состояния?
11. Опишите процесс спиннингования.
12. С какой целью в состав аморфных металлических сплавов вводят металлоиды?
13. Влияет ли химический состав на способность к аморфизации?
14. Что такое элемент-аморфизатор?
15. На какие две большие группы (в зависимости от состава) подразделяются аморфные сплавы?
16. Какое атомное содержание металлоидов в аморфных сплавах?
17. Какие элементы повышают термическую стабильность аморфных металлических сплавов?

18. От содержания каких элементов зависит коррозионная стойкость аморфных металлических сплавов?
19. Какое влияние оказывает радиационное облучение на механические свойства аморфных металлических сплавов?
20. По какой причине ограничивают температуру эксплуатации аморфных металлических сплавов?
21. В каких областях возможно применение аморфных металлических сплавов?
22. Каким образом возможно получение нанокластеров и нанокристаллических структур из аморфных сплавов?
23. Для изготовления каких изделий применяются металлические стёкла на основе Fe–Si–B?
24. Назовите аморфные сплавы, применяющиеся для головок для магнитной записи.
25. Аморфные слои каких металлических сплавов используют в качестве диффузионных барьеров?
26. Могут ли аморфные материалы использоваться в качестве защитных покрытий металлов?
27. Что препятствует широкому распространению аморфных металлов?
28. Назовите методы получения микрокристаллических структур материалов.
29. Поясните феноменологию сверхпластичности материалов.
30. Какова природа сверхпластичности материалов?
31. В чем заключается обработка материалов с использованием сверхпластической деформации?
32. В чем особенности структуры микрокристаллических материалов?
33. Назовите недостатки микрокристаллических материалов.
34. Какие области применения микрокристаллических материалов?
35. Какими особенными механическими свойствами обладают микрокристаллические материалы?

### 1.2.2. Примерные тестовые задания к дифференцированному зачету

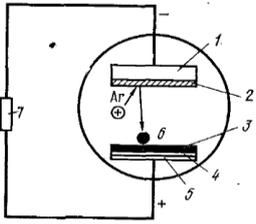
#### Вариант 1

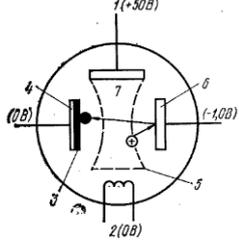
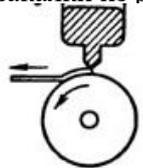
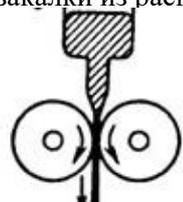
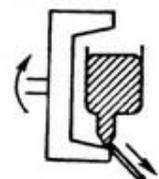
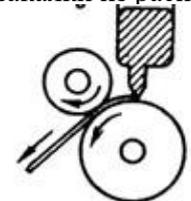
| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
| 1.    | Аморфное состояние вещества характеризуется ... в расположении атомов (выбрать все правильные ответы)  | 1. отсутствием дальнего порядка<br>2. присутствием ближнего порядка<br>3. отсутствием ближнего порядка<br>4. присутствием ближнего и дальнего порядка |
| 2.    | В структуре аморфных многокомпонентных покрытий присутствует:  | 1. только кристаллическая фаза<br>2. только аморфная фаза<br>3. аморфная и нанокристаллическая фазы<br>4. аморфная и кристаллическая фазы             |
| 3.    | На электронно-микроскопическом снимке многокомпонентного покрытия представлена:<br> | 1. только кристаллическая фаза<br>2. только аморфная фаза<br>3. аморфная и нанокристаллическая фазы<br>4. аморфная и кристаллическая фазы             |
| 4.    | На структурной модели состояния, сформировавшегося после закалки из  | 1. аморфно-микрокристаллическая структура   |

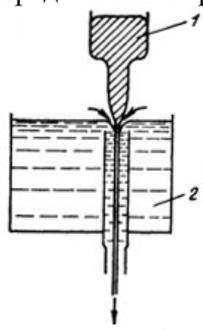
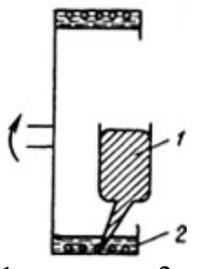
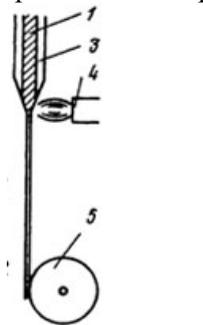
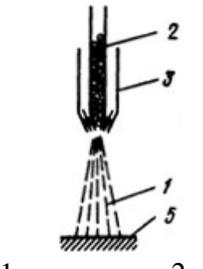
| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
|       | <p>расплава со скоростью, близкой к критической, представлено:</p>    | <p>2. 1 — микрокристаллы; 2 — переходная область; 3 — аморфная фаза<br/>3. 2. 1 — микрокристаллы; 2 — аморфная фаза; 3 — кристаллическая фаза<br/>4. 1 — нанокристаллы; 2 — переходная область; 3 — прослойки аморфной фазы</p> |
| 5.    | <p>Аморфное состояние характеризуется (выбрать все правильные):</p>  | <p>1. отсутствием кристаллической анизотропии<br/>2. присутствием дефектов кристаллического строения<br/>3. присутствием кристаллической анизотропии<br/>3. отсутствием дефектов кристаллического строения</p>                  |
| 6.    |  <p>При охлаждении со скоростью <math>a</math> выше температуры <math>b</math> каково будет состояние вещества:</p>  | <p>1. только кристаллическая фаза<br/>2. только аморфная фаза<br/>3. аморфная и нанокристаллическая фазы<br/>4. переохлажденная жидкость</p>  |
| 7.    |  <p>При охлаждении со скоростью <math>a</math> выше температуры <math>b</math> каково будет состояние вещества:</p> | <p>1. только кристаллическая фаза<br/>2. только аморфная фаза<br/>3. аморфная и нанокристаллическая фазы<br/>4. переохлажденная жидкость</p>  |
| 8.    | <p>При нагреве со скоростью <math>v</math> выше каково будет состояние вещества:</p>   | <p>1. только кристаллическая фаза<br/>2. только аморфная фаза<br/>3. аморфная и нанокристаллическая фазы<br/>4. переохлажденная жидкость</p>  |
| 9.    | <p>Какова скорость охлаждения при закалке аморфных сплавов?</p>  | <p>1. более <math>10^2</math> до <math>10^{10}</math> К/с<br/>2. от <math>10^2</math> до <math>10^{10}</math> К/с<br/>3. более <math>10^5</math> К/с<br/>4. от <math>10^5</math> до <math>10^{10}</math> К/с</p>                |
| 10.   | <p>Какова скорость охлаждения при закалке для аморфизации металлов?</p>  | <p>1. более <math>10^2</math> до <math>10^{10}</math> К/с<br/>2. от <math>10^2</math> до <math>10^{10}</math> К/с</p>   |

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа  |
|-------|--|--|
|       |  | 3. более $10^5$ К/с<br>4. от $10^5$ до $10^{10}$ К/с   |
| 11.   | Характерные отличия свойств аморфных материалов от микрокристаллических (выбрать все правильные ответы):       | 1. плотность ниже на 1-2%<br>2. прочность выше в 5-10 раз<br>3. коррозионная стойкость выше<br>4. термическая стабильность выше  |
| 12.   | Длительная эксплуатация аморфных материалов возможна:  | 1. при температуре перехода аморфного в кристаллическое состояние<br>2. значительно ниже этой температуры<br>3. только при комнатной температуре<br>4. ниже комнатной температуры  |
| 13.   | Какие элементы в наибольшей степени повышают коррозионную стойкость?   | 1. кремний и бор<br>2. Железо и никель<br>3. Бор и углерод<br>4. Хром и фосфор   |
| 14.   | Введение металлоидов в состав аморфных материалов приводит к:  | 1. повышению термической стабильности аморфной фазы<br>2. понижению термической стабильности аморфной фазы<br>3. повышению периода сохранения аморфной фазы при умеренных температурах<br>4. понижению периода сохранения аморфной фазы при умеренных температурах |
| 15.   | Затвердевание с образованием аморфной структуры принципиально возможно для ...                                 | 1. всех металлов и сплавов<br>2. только для металлов<br>3. только для сплавов, содержащих металлоиды<br>4. зависит от толщины аморфного слоя   |
| 16.   | Примерная формула состава аморфных сплавов:  | 1. $Me_{70}X_{30}$<br>2. $Me_{80}X_{20}$<br>3. $Me_{60}X_{40}$<br>4. $Me_{50}X_{50}$   |
| 17.   | Для практического применения обычно используют аморфные материалы, содержащие (выбрать все правильные ответы): | 1. только переходные металлы (Fe, Co, Mn, Cr, Ni и др.)<br>2. переходные металлы и металлоиды<br>3. преимущественно металлоиды (B, C, Si, P, S)<br>4. любые металлы  |
| 18.   | Выберите состав аморфных сплавов:  | 1. $Fe_{70}Cr_{10}P_{15}B_5$ ,<br>2. $Fe_{40}Ni_{40}S_{14}B_6$ ,<br>2. $Fe_{80}P_{13}B_7$<br>4. $Fe_{70}P_{13}B_{17}$  |
| 19.   | Какие элементы в наибольшей степени повышают термическую стабильность?   | 1. кремний и бор<br>2. Железо и никель<br>3. Бор и углерод<br>4. Хром и фосфор   |
| 20.   | Какие элементы в наибольшей степени повышают прочность?  | 1. кремний и бор<br>2. Железо и никель<br>3. Бор и углерод<br>4. Хром и фосфор   |

## Вариант 2

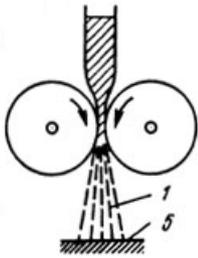
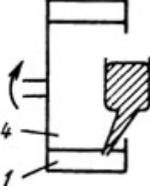
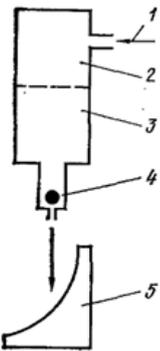
| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
| 1.    | К способам формирования аморфных материалов <b>не относится</b> :  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. закалка из жидкого состояния</li> <li>2. осаждение металлов из газовой фазы на охлаждаемую подложку</li> <li>3. разрушение кристаллической структуры за счет внешних воздействий</li> <li>4. экструзия</li> </ol>   |
| 2.    | К методам аморфизации материалов путем разрушения кристаллической структуры за счет внешнего воздействия <b>не относится</b> :   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ионная имплантация</li> <li>2. лазерное воздействие</li> <li>3. радиационное облучение</li> <li>4. экструзия</li> </ol>   |
| 3.    | Аморфный материал получается непосредственно из расплава в процессе...   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. прерывистой разливки</li> <li>2. прерывистой разливки и пластической деформации на диске</li> <li>3. непрерывной разливки</li> <li>4. его распыления</li> </ol>   |
| 4.    | Закалкой из жидкого состояния со сверхвысокими скоростями ( $10^5$ - $10^7$ К/с) расплавленного металла <b>не</b> получают:  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ленту</li> <li>2. порошки</li> <li>3. волокна из металлических сплавов</li> <li>4. многокомпонентные покрытия</li> </ol>  |
| 5.    | К методам закалки из жидкого состояния <b>не</b> относятся:  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. выстреливание капли расплава на теплопроводящую подложку</li> <li>2. прокатка струи расплава между вальками</li> <li>3. литье струи металлического расплава на вращающийся диск или барабан</li> <li>4. электролитическое осаждение из жидкой фазы</li> </ol> |
| 6.    | Аморфную ленту нельзя получить:  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. закалка из расплава (выстреливание)</li> <li>2. центробежная закалка</li> <li>3. закалка на диске</li> <li>4. распыление расплава</li> </ol>  |
| 7.    | Аморфную проволоку можно получить:   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. экструзией расплава</li> <li>2. закалкой из расплава (выстреливание)</li> <li>3. центробежной закалкой</li> <li>4. закалкой на диске</li> </ol>   |
| 8.    | Методом магнетронного распыления получают:   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ленту</li> <li>2. порошки</li> <li>3. волокна из металлических сплавов</li> <li>4. многокомпонентные покрытия</li> </ol>  |
| 9.    | <p>Схема какого метода получения аморфного сплава представлена на рисунке?</p>  <p>1 – катод; 2 – мишень; 3 – образец; 4 – подложка; 5 – анод; 6 – атом; 7 – источник питания</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. двухэлектродного метода распыления</li> <li>2. трехэлектродного метода распыления</li> <li>3. четырехэлектродного метода распыления</li> <li>4. магнетронного распыления</li> </ol>   |
| 10.   | Схема какого метода получения аморфного сплава представлена на рисунке?  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. двухэлектродного метода распыления</li> <li>2. трехэлектродного метода распыления</li> <li>3. четырехэлектродного метода распыления</li> <li>4. магнетронного распыления</li> </ol>   |

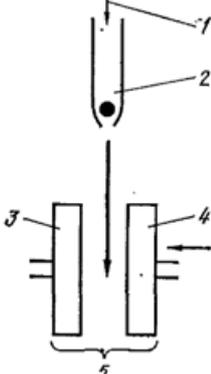
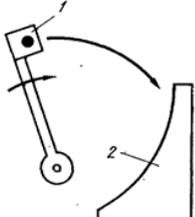
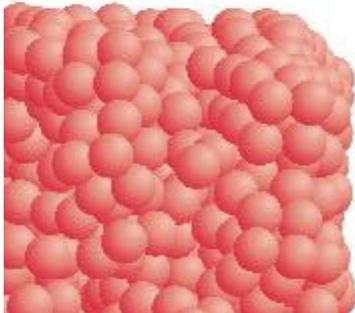
| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
|       |  <p>1 – анод; 2 – тепловой катод; 3 – образец;<br/>4 – подложка; 5 – стабилизирующий электрод; 6 – мишень; 7 – плазма</p> |   |
| 11.   | Какой материал <b>не применяют</b> для изготовления металлической подложки при кристаллизации аморфного сплава?  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. сталь</li> <li>2. медь</li> <li>3. бериллиевую бронзу</li> <li>4. латунь</li> </ol>   |
| 12.   | Какой метод получения ленты путем закалки из расплава представлен на схеме:<br>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. центробежная закалка</li> <li>2. закалка на диске</li> <li>3. прокатка расплава</li> <li>4. центробежная закалка</li> </ol>         |
| 13.   | Какой метод получения ленты путем закалки из расплава представлен на схеме:<br>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. планетарная закалка на диске</li> <li>2. закалка на диске</li> <li>3. прокатка расплава</li> <li>4. центробежная закалка</li> </ol> |
| 14.   | Какой метод получения ленты путем закалки из расплава представлен на схеме:<br>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. планетарная закалка на диске</li> <li>2. закалка на диске</li> <li>3. прокатка расплава</li> <li>4. центробежная закалка</li> </ol> |
| 15.   | Какой метод получения ленты путем закалки из расплава представлен на схеме:<br>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. планетарная закалка на диске</li> <li>2. закалка на диске</li> <li>3. прокатка расплава</li> <li>4. центробежная закалка</li> </ol> |
| 16.   | Какой метод получения ленты путем закалки из расплава представлен на схеме:<br>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. планетарная закалка на диске</li> <li>2. закалка на диске</li> <li>3. прокатка расплава</li> <li>4. центробежная закалка</li> </ol> |
| 17.   | Какой метод получения аморфной проволоки, закаленной из расплава,  | 1. протягивания расплава через охлаждающую жидкость (экструзия)   |

| № п/п | Вопрос  | Варианты ответа  |
|-------|---|--|
|       | <p>представлен на рисунке:</p>  <p>1 – расплав; 2 – охлаждающая жидкость</p>   | <p>расплава)<br/>2. вытягивание нити из вращающегося барабана;<br/>3. вытягивание расплава в стеклянном капилляре<br/>4. центробежная закалка</p>  |
| 18.   | <p>Какой метод получения аморфной проволоки, закаленной из расплава, представлен на рисунке:</p>  <p>1 – расплав; 2 – охлаждающая жидкость</p>                         | <p>1. протягивания расплава через охлаждающую жидкость (экструзия расплава)<br/>2. вытягивание нити из вращающегося барабана;<br/>3. вытягивание расплава в стеклянном капилляре<br/>4. центробежная закалка</p> |
| 19.   | <p>Какой метод получения аморфной проволоки, закаленной из расплава, представлен на рисунке:</p>  <p>1 – расплав; 3 – стекло; 4 – форсунка; 5 – смотка проволоки</p> | <p>1. протягивания расплава через охлаждающую жидкость (экструзия расплава)<br/>2. вытягивание нити из вращающегося барабана;<br/>3. вытягивание расплава в стеклянном капилляре<br/>4. центробежная закалка</p> |
| 20.   | <p>Какой метод получения аморфных порошков представлен на рисунке:</p>  <p>1 – порошок; 2 – исходное сырье; 3 – форсунка; 5 – охлаждаемая плита</p>                  | <p>1. метод распыления (спрей-методом)<br/>2. кавитационный метод<br/>3. метод распыления расплава вращающимся диском<br/>4. закалка на вращающемся диске</p>  |

### Вариант 3

| № п/п | Вопрос                         | Варианты ответа                     |
|-------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1.    | Какой метод получения аморфных | 1. метод распыления (спрей-методом) |

| № п/п | Вопрос  | Варианты ответа  |
|-------|---|--|
|       | <p>порошков представлен на рисунке:</p>  <p>1 – порошок; 5 – охлаждаемая плита</p>   | <p>2. кавитационный метод<br/>3. метод распыления расплава вращающимся диском<br/>4. закалка на вращающемся диске</p>  |
| 2.    | <p>Какой метод получения аморфных порошков представлен на рисунке:</p>  <p>1 – порошок; 4 – охлаждающая жидкость</p>   | <p>1. метод распыления (спрей-методом)<br/>2. кавитационный метод<br/>3. метод распыления расплава вращающимся диском<br/>4. закалка на вращающемся диске</p>        |
| 3.    | <p>Каким из методов <b>не получают</b> аморфные порошки?</p>  | <p>1. методом распыления (спрей-методом)<br/>2. кавитационным методом<br/>3. методом распыления расплава вращающимся диском<br/>4. закалкой на вращающемся диске</p> |
| 4.    | <p>Какой из методов <b>не применяют</b> для получения тонких пластинок?</p>   | <p>1. метод выстреливания<br/>2. метод молота и наковальни<br/>3. метод экстракции расплава (вращающейся катапульты)<br/>4. закалку на вращающемся диске</p>         |
| 5.    | <p>Какой метод получения тонких пластинок аморфных сплавов представлен на рисунке?</p>  <p>1 – газ под давлением; 3 – камера низкого давления; 4 – капля расплава;<br/>5 – холодильник</p> | <p>1. метод выстреливания<br/>2. метод молота и наковальни<br/>3. метод экстракции расплава (вращающейся катапульты)<br/>4. метод распыления</p>                     |

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа  |
|-------|--|--|
| 6.    |  <p>Какой метод получения тонких пластинок аморфных сплавов представлен на рисунке?<br/>1 – газ под давлением; 2 – капля расплава; 3 и 4 – плиты (молот и наковальня)</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. метод выстреливания</li> <li>2. метод молота и наковальни</li> <li>3. метод экстракции расплава (вращающейся катапульты)</li> <li>4. метод распыления</li> </ol>   |
| 7.    |  <p>Какой метод получения тонких пластинок аморфных сплавов представлен на рисунке?<br/>1 – капля расплава; 2 – холодильник</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. метод выстреливания</li> <li>2. метод молота и наковальни</li> <li>3. метод экстракции расплава (вращающейся катапульты)</li> <li>4. метод распыления</li> </ol>   |
| 8.    | <p>Представленная на рисунке структура <b>не</b> характеризуется:</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. отсутствием дальнего порядка</li> <li>2. присутствием ближнего порядка</li> <li>3. отсутствием ближнего порядка</li> <li>4. присутствием ближнего и дальнего порядка</li> </ol>  |
| 9.    | <p>В структуре аморфных сплавов в отличие от микрокристаллических материалов ... (указать неправильный ответ)</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. отсутствуют избыточные фазы</li> <li>2. отсутствует ликвация</li> <li>3. отсутствуют сегрегации</li> <li>4. присутствуют фазовые неоднородности</li> </ol>   |
| 10.   | <p>Аморфные сплавы ...</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. обладают атомно-структурной однородностью</li> <li>2. обладают фазовой неоднородностью</li> <li>3. обладают фазовой однородностью</li> <li>4. обладают атомно-структурной неоднородностью</li> </ol>                   |
| 11.   | <p>В аморфных материалах ...</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. отсутствуют объемы, сильно отличающиеся по атомному строению</li> <li>2. присутствуют объемы, сильно отличающиеся по атомному строению</li> <li>2. присутствуют объемы, отличающиеся по химическому составу</li> </ol> |

| № п/п | Вопрос  | Варианты ответа   |
|-------|---|---|
|       |   | 4. отсутствуют объемы, отличающиеся по химическому составу  |
| 12.   | Легко аморфизующиеся сплавы располагаются в области составов ...  | 1. образующих соединения со сложной кристаллической структурой ( $\sigma$ -фазы или фазы Лавеса)<br>2. в которых процесс образования критических зародышей сильно затруднен<br>3. в которых необходимо существенное перераспределение компонентов в расплаве<br>4. с существенной разницей атомных радиусов компонентов |
| 13.   | Повышенной склонностью к аморфизации обладают сплавы, которые при скоростях охлаждения, близких к критическим, кристаллизуются в: | 1. сверхструктуру на основе ОЦК-решетки<br>2. сверхструктуру на основе ГЦК-решетки<br>3. сверхструктуру на основе ГПУ-решетки<br>4. любую сверхструктуру  |
| 14.   | В процессе охлаждения переохлажденного расплава ...   | 1. протекают процессы релаксации атомной структуры для эффективной упаковки атомов<br>2. усиливается дифференциация компонентов<br>3. ослабляется дифференциация компонентов<br>4. перераспределение компонентов отсутствует  |
| 15.   | Кристаллизация облегчается, если  | 1. кластер имеет упорядочение по типу равновесной фазы<br>2. локальный состав отличается от стабильной фазы<br>3. кластер имеет упорядочение по типу неравновесной фазы<br>4. локальный состав не отличается от стабильной фазы   |
| 16.   | Аморфизация облегчается, если   | 1. кластер имеет упорядочение по типу равновесной фазы<br>2. локальный состав отличается от стабильной фазы<br>3. кластер имеет упорядочение по типу неравновесной фазы<br>4. локальный состав не отличается от стабильной фазы   |
| 17.   | Затвердевание с образованием аморфной структуры принципиально возможно для ...  | 1. всех металлов и сплавов<br>2. только для металлов<br>3. только для сплавов, содержащих металлоиды<br>4. зависит от толщины аморфного слоя  |
| 18.   | Примерная формула состава аморфных сплавов:   | 1. $Me_{85}X_{15}$<br>2. $Me_{80}X_{20}$<br>3. $Me_{90}X_{10}$<br>4. $Me_{95}X_5$   |
| 19.   | Элементами-аморфизаторами являются:   | 1. B, C, Si, P, S<br>2. Fe, Co, Mn, Cr, Ni<br>3. Fe, Ni, Mo, W, Cr,<br>4. Mn, Al, V, Zr, W, Mo  |
| 20.   | Каково процентное соотношение переходных металлов в аморфных сплавах?   | 1. 80%<br>2. 85%<br>3. 75%<br>4. 90%  |

### 6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

| Оценка  |   |  |  |
|---|---|--|--|
| «2»<br>(неудовлетворительно)<br>Не зачтено  | Пороговый уровень освоения  | Углубленный уровень освоения   | Продвинутый уровень освоения   |
|   | «3»<br>(удовлетворительно)<br>зачтено   | «4»<br>(хорошо)<br>зачтено   | «5»<br>(отлично)<br>зачтено  |
| Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий  | Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий   | Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий  | Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий  |
| Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы | Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос |
| Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий                 | Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий  | Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий   | Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий  |
| Не владеет навыками, большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено         | Посредственно владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно                 | Хорошо владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены                               | Отлично владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены  |

#### Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

| Количество правильных ответов, % | Оценка              |
|----------------------------------|---------------------|
| 0-50                             | Неудовлетворительно |
| 51-65                            | Удовлетворительно   |
| 66-85                            | Хорошо              |
| 86-100                           | Отлично             |

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

- Гришина Е. Н. Химия [Текст]. Строение вещества в конденсированном состоянии : конспект лекций / Е. Н. Гришина. - СПб.: СЗПИ, 1997. - 43 с.  
[https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr\\_academ/04.03.01/Metod\\_doc/Posobie\\_1\\_chast\\_Grishina\\_KHOS.pdf](https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/04.03.01/Metod_doc/Posobie_1_chast_Grishina_KHOS.pdf)
- Киреев В. А. Краткий курс физической химии [Текст]: учеб. для вузов / В. А. Киреев. - Изд. 5-е, стер. - М.: Химия, 1978. - 620 с. [https://www.studmed.ru/kireev-va-kurs-fizicheskoy-himii\\_2a3ac07f70d.html](https://www.studmed.ru/kireev-va-kurs-fizicheskoy-himii_2a3ac07f70d.html)
- Научные основы материаловедения [Текст]: учебник для вузов / под ред. Б. Н. Арзамасова. - М.: Изд-во МГТУ, 1994. - 366 с. Арзамасов, Б. Н. *Материаловедение : учебник* / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин. — 8-е изд., стер. — Москва :

- МГТУ им. Баумана, 2008. — 648 с. — ISBN 978-5-7038-1860-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106366> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Солнцев Ю.П. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин; под ред. Ю. П. Солнцева. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - СПб.: Химиздат, 2007. <http://www.m5kf.ru/upload/files/e0c2af49c2.pdf>
5. Павлов П. В. , Хохлов А.Ф. Физика твердого тела [Текст] : Учеб. - 3-е изд., - М., 2000. - 494 с.: ил.. [https://www.studmed.ru/pavlov-pv-hohlov-af-fizika-tverdogo-tela\\_0c8e3f3519f.html](https://www.studmed.ru/pavlov-pv-hohlov-af-fizika-tverdogo-tela_0c8e3f3519f.html)
6. Пряхин Е. И., Вологжанина С.А., Петкова А.П., Ганзуленко О.Ю. Наноматериалы и нанотехнологии. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

### **7.1. 2. Дополнительная литература**

1. Аморфные металлические материалы [Текст]: [сб. ст.] / АН СССР, Ин-т металлургии им. А. А. Байкова; под ред. А. И. Манохина. - М.: Наука, 1984. - 156 с.
2. Аморфные полупроводники [Текст]: пер. с англ. / под ред. М. Бродски. - М. : Мир, 1982. - 419 с.
3. Метастабильные и неравновесные сплавы [Текст]: научное издание / [Ю. В. Ефимов [и др.]; под ред. Ю. В. Ефимова. - М.: Металлургия, 1988. - 381 с.
4. Кайбышев О. А. Сверхпластичность промышленных сплавов [Текст] : научное издание / О. А. Кайбышев. - М.: Металлургия, 1984. - 262 с
5. Солнцев Ю. П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Вологжанина ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб.: Химиздат, 2007. - 782 с.
6. Аморфные металлические материалы [Электронный ресурс] : [сб. ст.] / АН СССР, Ин-т металлургии им. А. А. Байкова ; под ред. А. И. Манохина. - М. : Наука, 1984. - 156 с. [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=34%2E2%2F%D0%90%20623%2D316785<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=34%2E2%2F%D0%90%20623%2D316785<.>)

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Петкова А.П.. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Аморфные и микрокристаллические материалы».

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
2. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
3. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
5. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

**Аудитории для проведения лекционных занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп МетаМ РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий**

13 посадочных мест Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт.

#### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп МетаМ РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

#### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

- Центр новых информационных технологий и средств обучения;
- персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»);
- монитор – 4 шт.;
- сетевой накопитель – 1 шт.;
- источник бесперебойного питания – 2 шт.;
- телевизор плазменный Panasonic – 1 шт.;
- точка Wi-Fi – 1 шт.,
- паяльная станция – 2 шт.;
- дрель – 5 шт.;
- перфоратор – 3 шт.;
- набор инструмента – 4 шт.;
- тестер компьютерной сети – 3 шт.;
- баллон со сжатым газом – 1 шт.;
- паста теплопроводная – 1 шт.;
- пылесос – 1 шт.;
- радиостанция – 2 шт.;
- стол – 4 шт.;
- тумба на колесиках – 1 шт.;
- подставка на колесиках – 1 шт.;
- шкаф – 5 шт.;
- кресло – 2 шт.;
- лестница Alve - 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

- Microsoft Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Professional Plus Microsoft Open License 46431107
- Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959
- Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1
- с возможностью доступа к сети «Интернет»
- Microsoft Office 2010 Professional Plus

- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security