

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
**ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Направление подготовки 03.03.02–Физика

Направленность: Физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

**Кострома 2021**

Рабочая программа дисциплины «Физическое материаловедение» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2020 г., приказ № 891

Разработал: Дьяков Илья Геннадьевич, доцент кафедры общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

Рецензент: Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

**УТВЕРЖДЕНО:**

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

Шадрин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью данного курса является подготовка бакалавров физики к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских или проектных бюро, на предприятиях путем формирования соответствующих компетенций.

В результате изучения учебной дисциплины «Физическое материаловедение» обучаемые должны приобрести профессиональную компетенцию:

– способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований ( **ПК-3**)

Задачи дисциплины:

– освоить базовые понятия металловедения, включая процессы кристаллизации, диаграммы состояния, фазовые и структурные превращения в металлах, виды термической и химико-термической обработки, основные сплавы.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате изучения дисциплины «Физическое материаловедение» обучаемые должны

Освоить компетенцию:

– **ПК-3** способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Код и содержание индикаторов компетенций:

**ПК-3.1.** Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований

**ПК-3.2.** Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний

**ПК-3.3.** Подготавливает предложения для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать**

– основные понятия и законы молекулярной физики; основные понятия и законы физики твердого тела; основные понятия и законы термодинамики;

**уметь**

– использовать знания о молекулярном строении вещества для понимания процессов деформации и разрушения металлических сплавов в различных эксплуатационных условиях; выявлять связь между структурой металла, его фазовым составом и получаемыми свойствами;

– интерпретировать экспериментальные и теоретические данные, относящиеся к металловедческим процессам, объяснять их содержание в процессе профессиональной коммуникации;

**владеть**

– методами статистической обработки результатов экспериментальных измерений; навыками решения физических задач;

– экспериментальными методами изучения структуры и свойств веществ; методами измерения основных механических свойств металлов и сплавов; применением нормативных правовых документов (государственных и отраслевых стандартов, патентов, лицензий); навыками работы в компьютерных сетях, средствами получения информации из различных источников;

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Физическое материаловедение» изучается в пятом и шестом семестре и является обязательной дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы подготовки бакалавров физики. Содержание курса охватывает вопросы взаимосвязи структуры, состава и свойств сплавов, кинетику кристаллизации, фазы и структуры в системе железо-углерод, превращение аустенита при охлаждении, виды и

способы термической и химико-термической обработки сплавов на основе железа, маркировку сплавов, методику работы с ГОСТами по данной тематике, свойства некоторых сплавов на основе цветных металлов и композитов.

Перед изучением данной дисциплины обучающийся должен иметь представления о фазовых превращениях вещества в рамках курса общей физики, уметь использовать соответствующие уравнения классической термодинамики в различных физических моделях иметь представления о молекулярном строении твердых тел, уметь использовать соответствующие уравнения математической физики в различных физических моделях. Требуемые знания и умения формируются в рамках вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы бакалавриата.

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	8
Общая трудоемкость в часах	288
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	228
Лекции	134
Практические занятия	94
Лабораторные занятия	
Самостоятельная работа в часах	60
Форма промежуточной аттестации	Зачет в 5 семестре, экзамен 6 семестр

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	134
Практические занятия	94
Лабораторные занятия	
Консультации	2
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	
Курсовые проекты	–
Всего	230,6

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.ед/час	Аудиторные		Самостоятельная работа
			Лекции	Практические	
1	Силы связи. Внутренняя структура твердых тел.	14	8	4	2
2	Диффузия в сплавах.	18	10	6	2
3	Основы кинетики кристаллизации сплавов.	20	10	8	2

4	Фазы и структуры в металлических сплавах.	20	10	8	2
5	Теория сплавов.	22	12	8	2
6	Железо и сплавы на его основе.	22	12	8	2
	Зачет				
7	Фазовые превращения в сплавах железа.	24	12	10	2
8	Термическая и химико-термическая обработки сплавов.	24	12	10	2
9	Углеродистые и легированные стали.	22	12	8	2
10	Сплавы цветных металлов.	22	12	8	2
11	Порошковые и композиционные материалы	22	12	8	2
12	Неметаллические материалы.	22	12	8	2
	Экзамен	36			36
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>288</b>	<b>134</b>	<b>94</b>	<b>60</b>

## 5.2. Содержание дисциплины

### ТЕМА 1. Силы связи. Внутренняя структура твердых тел.

Краткая история металловедения. Силы Ван-дер-Ваальса. Ионная связь. Ковалентная связь. Металлическая связь. Водородная связь. Сопоставление различных видов связи. Силы отталкивания. Кристаллическая решетка. Классификация твердых тел по характеру сил связи. Явление полиморфизма. Несовершенства и дефекты кристаллической решетки.

### ТЕМА 2. Диффузия в сплавах.

Основные уравнения диффузии и методы их решения. Механизмы диффузии в металлах. Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии.

### ТЕМА 3. Основы кинетики кристаллизации сплавов.

Термодинамические условия равновесия фаз в сплавах. Кристаллизация твердых растворов. Особенности образования зародышевых центров. Диффузионный рост зародышей новой фазы. Кристаллизация больших масс металла. Макроструктура слитка. Ликвация в сплавах.

### ТЕМА 4. Фазы и структуры в металлических сплавах.

Фаза, система, компонент. Сплавы в жидком состоянии. Дальний и ближний порядок. Твердые растворы. Химические соединения. Структура сплавов. Строение пластически деформированных металлов. Возврат и полигонизация. Рекристаллизация. Холодная и горячая деформации.

### ТЕМА 5. Теория сплавов.

Графическое изображение диаграмм состояния. Правило фаз Гиббса. Правило отрезков коноды. Диаграммы состояний сплавов с неограниченной или ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Эвтектика и перитектика. Диаграмма состояния системы с образованием химического соединения. Диаграмма состояния системы при наличии полиморфных превращений отдельных компонентов. Эвтектоидная и перитектоидная реакции. Экспериментальные методы получения диаграмм состояния. Понятие о диаграммах состояния трехкомпонентных систем.

### ТЕМА 6. Железо и сплавы на его основе.

Компоненты и фазы в системе железо-углерод. Диаграммы состояния железо – цементит и железо – графит. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали. Легирующие элементы и структурные классы сталей. Чугуны.

#### **ТЕМА 7. Фазовые превращения в сплавах железа.**

Превращение феррито-карбидной структуры в аустенит при нагреве. Рост зерна аустенита. Превращения переохлажденного аустенита (перлитное, бейнитное, мартенситное). Термокинетические диаграммы превращения переохлажденного аустенита. Превращения мартенсита и остаточного аустенита при нагрева (отпуск стали). Термическое и деформационное старение углеродистой стали.

#### **ТЕМА 8. Термическая и химико-термическая обработки сплавов.**

Виды термической обработки. Отжиг первого и второго рода. Гомогенизационный отжиг. Отжиг, уменьшающий остаточные напряжения. Нормализация. Закалка с полиморфным превращением. Закалка без полиморфного превращения. Отпуск. Старение. Термомеханическая обработка. Поверхностная закалка. Глубина упрочненного слоя. Диффузионное насыщение. Цементация. Азотирование. Нитроцементация. Диффузионная металлизация. Другие виды диффузионного насыщения. Методы интенсификации химико-термической обработки.

#### **ТЕМА 9. Углеродистые и легированные стали.**

Классификация сталей. Состав, свойства и маркировка конструкционных сталей. Инструментальные стали и твердые сплавы. Стали и сплавы с особыми свойствами (коррозионностойкие, жаропрочные и жаростойкие, магнитные, сплавы с высоким электросопротивлением и др.).

#### **ТЕМА 10. Сплавы цветных металлов.**

Состав и маркировка сплавов титана, алюминия, магния и меди. Ювелирные сплавы на основе серебра, золота и платины.

#### **ТЕМА 11. Порошковые и композиционные материалы.**

Фрикционные материалы. Антифрикционные материалы. Электротехнические материалы. Порошковые магниты. Состав и классификация композиционных материалов с металлической матрицей. Карбоволокниты, бороволокниты и органоволокниты. Перспективы применения новых материалов в науке и технике.

#### **ТЕМА 12. Неметаллические материалы.**

Состав, классификация и свойства пластмасс. Резиновые материалы общего и специального назначения. Влияние факторов эксплуатации на свойства резин. Неорганические материалы. Графит, неорганическое стекло, стеклокристаллические (ситаллы) и керамические материалы.

### **6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

Центральными темами являются «Теория сплавов» и «Железо и сплавы на его основе», где следует обратить внимание на особенности кристаллизации разных сплавов в зависимости от растворимости компонентов друг в друге, а также их способности образовывать химические соединения. Главными элементами являются возможные фазы, образующиеся в рассматриваемой системе, и их свойства. Эти вопросы будут служить основой при изучении сплавов на основе железа, где встретятся все варианты кристаллизации: эвтектика, перитектика, эвтектоид, химическое соединение и механическая смесь.

На базе диаграммы состояния железо – углерод изучаются превращения при нагревании и охлаждении, которые, в свою очередь, служат теоретической основой термической и химико-термической обработки. Основной целью курса является подготовка бакалавров физики к практической деятельности в области модификации материалов различными методами.

Особенностью курса является большая доля самостоятельной работы с учебником и вспомогательной литературой. Многие вопросы не будут обсуждаться на лекциях, поэтому их освоение нельзя откладывать на время сессии. Желательно дополнять лекцию этими материалами в том же день, или, в крайнем случае, оставлять для них место в конспекте, что требует хотя бы поверхностного знакомства с объемом дополнительной информации.

Другой особенностью дисциплины является ее прикладная направленность. В курсе общей физики законы природы изучаются с научным акцентом, то есть ради получения нового знания про объективную реальность. Этой же цели подчинен господствующий в общей физике экспериментальный подход. Практическая значимость научной информации, в частности, применения законов природы в жизни общества имеет второстепенный характер. В дисциплине «Металловедение и термическая обработка металлов» также имеет место научный подход, но техническая направленность имеет гораздо более выраженный характер. В некоторых разделах студенты должны знакомиться с действующими государственными стандартами, которыми регламентируются методы испытаний, оборудование для их реализации, характеристики образцов и методов измерения физических величин.

Существенная часть курса посвящена классификации металлов и сплавов на основе их практического назначения. После освоения стандартной последовательности изложения материала, от химического состава к структуре и свойствам, студенты могут самостоятельно изучать новые классы сталей или сплавы цветных металлов.

Студенты проходят тестирование по изученному материалу в конце 5 семестра и в 6 семестре.

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Силы связи. Внутренняя структура твердых тел.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1, 2] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
2	Диффузия в сплавах.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной литературы	Устный опрос, тест
3	Основы кинетики кристаллизации сплавов.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
4	Фазы и структуры в металлических сплавах.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
5	Теория сплавов.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
6	Железо и сплавы на его основе.  Зачет	Изучение литературы, обработка результатов измерений	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
		Решение заданий, ответы на вопросы к зачету	2	Использовать материалы семинаров и источники из списка литературы	Вопросы к зачету
7	Фазовые превращения в сплавах железа.	Изучение литературы, обработка результатов измерений	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
8	Термическая и	Изучение	2	Рекомендуются источники [1, 2]	Устный

	химико-термическая обработка сплавов.	литературы, обработка результатов измерений		из списка основной и [1] из дополнительной литературы	опрос, тест
9	Углеродистые и легированные стали.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
10	Сплавы цветных металлов.	Изучение литературы	2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
11	Порошковые и композиционные материалы		2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест
12	Неметаллические материалы.		2	Рекомендуются источники [1, 2] из списка основной и [1] из дополнительной литературы	Устный опрос, тест

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

### Семинар 1. Силы связи. Внутренняя структура твердых тел

На первом семинаре студенты повторяют материал, изученный в прошлом семестре в начале предмета «Введение в материаловедение». Обсуждаются зеренная структура поликристаллов, их дефекты, типы кристаллических решеток и явление полиморфизма. Далее рассматриваются виды связи между атомами в твердых телах.

### Семинар 2. Диффузия в сплавах

После повторения явлений переноса, изученный в молекулярной физике, учащиеся рассматривают уравнение диффузии и методы его решения. Основное внимание уделяется диффузии элементов, образующих твердые растворы внедрения, что будет изучаться в химико-термической обработке металлов и сплавов.

### Семинар 3. Основы кинетики кристаллизации сплавов

Занятие начинается с опроса студентов по пройденному материалу. Основное внимание уделяется образованию зародышей в жидкой фазе, конкуренции между скоростью образования зародышей и скоростью их роста, определяющих размеры зерен после затвердевания сплава. Здесь студенты предварительно знакомятся с термодинамическими потенциалами, которые будут изучать через год. Завершается семинар изучением макроструктуры слитка и особенностям ликвации.

### Семинар 4. Фазы и структуры в металлических сплавах

Занятие начинается с опроса студентов по пройденному материалу, в том числе, изученному в прошлом семестре. Обсуждаются базовые понятия фазы, системы, компонента, ближний и дальний порядок в телах. После этого рассматриваются варианты кристаллизации двухкомпонентных систем с образованием твердых растворов, механических смесей или химических соединений. Далее обсуждаются превращения пластически деформированной структуры, в частности, возврат, полигонизация и рекристаллизация.

### Семинар 5. Фазы и структуры в металлических сплавах

На втором занятии обсуждаются превращения пластически деформированной структуры с подробным рассмотрением процессов, которые происходят при возврате, полигонизации и рекристаллизации.

### Семинар 6. Теория сплавов

Занятие начинается с опроса студентов по пройденному материалу. После этого учащиеся обсуждают графическое изображение диаграмм состояния, где компоненты



образуют неограниченные твердые растворы и решают практические задачи, в которых нужно определить порядок изменения фазового состава при равновесной кристаллизации сталей и их температурные интервалы. Каждому студенту даются различные концентрации углерода и конкретная температура, при которой нужно определить концентрации фаз и их количественное соотношение по правилу отрезков коноды.

#### **Семинар 7. Теория сплавов**

На этом занятии рассматриваются диаграммы состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы. Здесь же рассматривается эвтектическое и перитектическое превращения и зоны Гинье – Престона.

#### **Семинар 8. Теория сплавов**

На семинаре рассматриваются диаграммы состояния, компоненты которых имеют полиморфные превращения, в частности, эвтектоидное. Здесь же обсуждаются экспериментальные методы построения диаграмм состояния. После этого учащиеся предварительно знакомятся с правилом фаз Гиббса и его применением для теоретического построения диаграмм состояния, в том числе для многокомпонентных систем.

#### **Семинар 9. Тестирование студентов по программе осеннего семестра**

*Второй семестр*

#### **Семинар 10. Железо и сплавы на его основе**

Занятие начинается с опроса студентов по диаграмме состояния железо – углерод, включая основные фазы и структуры, а также типы превращений. Далее обсуждаются примеси в сталях, легирующие элементы и структурные классы сталей.

#### **Семинар 11. Железо и сплавы на его основе**

На этом занятии рассматривается влияние легирующих добавок на полиморфные превращения стали и диаграмму состояния железо – цементит. Здесь же обсуждаются структурные особенности и классы легированных сталей.

#### **Семинар 12. Железо и сплавы на его основе**

Здесь изучаются классы чугунов, их химический состав, структурные особенности, диаграмма состояния железо – кремний при фиксированной концентрации углерода. Уделяется внимание маркировке чугунов, их свойствам и областям применения.

#### **Семинар 13. Фазовые превращения в сплавах железа**

Занятие начинается с повторения студентами материала, изученного на 3 курсе, в частности, фазам и структурам в системе железо – углерод, критическим температурам превращений и влиянию на них концентрации углерода. После этого обсуждаются превращения в сталях при нагреве, механизмы образования аустенита и изменения его состояния.

#### **Семинар 14. Фазовые превращения в сплавах железа**

Семинар посвящается превращениям аустенита при охлаждении. Сначала рассматриваются термокинетические диаграммы изотермического превращения аустенита и основные образующиеся структуры. Потом изучается непрерывное охлаждение аустенита с мартенситным превращением. Завершается семинар превращениями мартенсита и остаточного аустенита при нагреве.

#### **Семинар 15. Термическая и химико-термическая обработки сплавов**

Занятие начинается с опроса студентов по фазовым превращениям в сталях при нагревании и охлаждении. После этого рассматриваются основные виды термической обработки, включая все варианты отжига первого и второго рода и закалки, включая нормализацию, отпуск и старение. Здесь же изучается термомеханическая обработка.

#### **Семинар 16. Термическая и химико-термическая обработки сплавов**

На этом занятии изучаются основные стадии диффузионного насыщения и применяемые насыщающие среды, а также методы интенсификации процесса. Студенты обсуждают цементацию сталей в различных средах, режимы обработки и достигаемые свойства, прежде всего, толщину слоя и его твердость.

### **Семинар 17. Термическая и химико-термическая обработки сплавов**

Занятие начинается с опроса студентов по основным стадиям химико-термической обработки, после чего рассматриваются процессы азотирования, нитроцементации и борирования. Обсуждаются составы насыщающих сред, режимы обработки и достигаемые свойства.

### **Семинар 18. Углеродистые и легированные стали**

Центральным вопросом занятия являются принципы классификации сталей, а также их состав, маркировка и назначение. Рассматриваются конструкционные стали и области их применения.

### **Семинар 19. Углеродистые и легированные стали**

В тех же аспектах, что и на предыдущем занятии изучаются инструментальные стали и стали и сплавы с особыми свойствами.

### **Семинар 20. Сплавы цветных металлов**

Рассматриваются сплавы титана, легирующие добавки, их влияние на структуру и фазовый состав сплавов. Уделяется внимание их химическому составу, маркировке и свойствам. Также обсуждаются виды термической и химико-термической обработки титановых сплавов.

### **Семинар 21. Сплавы цветных металлов**

Рассматриваются сплавы алюминия, магния и меди, а также ювелирные сплавы на основе серебра, золота и платины. Уделяется внимание их химическому составу, маркировке и свойствам.

### **Семинар 22. Порошковые и композиционные материалы**

В начале занятия обсуждается история возникновения порошковых материалов и методика их производства, после этого рассматриваются их фрикционные и антифрикционные свойства. После этого изучаются композитные материалы, основные понятия, а также их классификация. Некоторое внимание уделяется наноразмерным структурам и особенностям их свойств.

### **Семинар 23. Неметаллические материалы**

Здесь обсуждаются основные виды материалов, включая их состав, классификацию и свойства. Рассматриваются пластмассы, их механические свойства, в частности, термопластичные, термореактивные и газонаполненные пластмассы.

### **Семинар 24. Неметаллические материалы**

На занятии рассматриваются резиновые материалы общего и специального назначения, технология их изготовления и классификация, а также керамические материалы и стекла.

### **Семинар 25. Тестирование студентов по всей дисциплине**

## **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

1. Солнцев, Ю.П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения: учебное пособие / Ю.П. Солнцев, В.Ю. Пирайнен, С.А. Вологжанина; под ред. Ю.П. Солнцева. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2007. – 784 с. – ISBN 978-5-93808-143-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (16.01.2018).
2. Никифоров, В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов : учебник для техникумов / В.М. Никифоров. - 10-е изд., стер. - Санкт-Петербург. : Политехника, 2015. - 383 с. : схем., табл., ил. - ISBN 978-5-7325-0959-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447617> (16.01.2018).
3. Виноградова, В.С. EnglishReadingDevelopment : учебное пособие / В.С. Виноградова. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург. : Политехника, 2013. – 307 с. – ISBN 978-5-7325-

- 1017-1; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=124617> (16.01.2018).
4. Слесарчук, В.А. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / В.А. Слесарчук. - 2-е изд., стер. - Минск : РИПО, 2015. - 392 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 384. - ISBN 978-985-503-499-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463342> (16.01.2018).

**б) дополнительная литература:**

1. Арзамасов Б. Н. Научные основы материаловедения / Б. Н. Арзамасов, А. И. Крашенинников, Ж. П. Пастухова, А. Г. Рахштадт. – М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 336 с. 15 экз.
2. Белкин П. Н. Механические свойства, прочность и разрушение твердых тел. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2005. – 189 с. 20 экз.
3. Чернецова Н. Л. Рабочая тетрадь по дисциплине «Основы материаловедения»: рабочая тетрадь. М.: Прометей, 2013. – 88 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=240530](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=240530)
4. Моисеев О. Н. , Шевырев Л. Ю. , Иванов П. А. Материаловедение: учебное пособие по лабораторным работам. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 244 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=464215](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=464215).
5. Технология конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / П.А. Витязь и др.; под общей редакцией П.А. Витязя и К.А. Солнцева. Минск: Беларус. навука, 2011. – 283 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=142364](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=142364)
6. Колмаков А. Г. , Баринов С. М. , Алымов М. И. Основы технологий и применение наноматериалов: монография. Москва: Физматлит, 2012. – 208 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=457666](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=457666)
7. Рудской А. И. Наноструктурированные металлические материалы. Санкт-Петербург.: Наука, 2011. – 270 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=362992](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=362992)

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Znaniium»

**9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Аудитория для лекций**

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа (например, корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, компьютер и проектор)

**Аудитория для практических занятий:**

Корпус Е, № 304, количество посадочных мест – 24.

**Аудитории для самостоятельной работы:**

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.