

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 04 » мая 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Физика металлов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.02 Metallургия  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Metallургия (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины: ознакомление студентов с концептуальными основами физики металлов как современной комплексной фундаментальной науки о металлических материалах; формирование естественнонаучного мировоззрения на основе знания физических особенностей твердых тел; освоение профессиональных компетенций в области физики металлов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение современных представлений об особенностях металлической связи и закономерностях формирования структуры и свойств в различных металлических системах;
- формирование умения выбирать метод исследования для изучения фазовых превращений в сталях и сплавах;
- формирование навыков использования методов и приемов измерения и расчета физических свойств.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объектом изучения дисциплины являются твердые тела – металлы и их сплавы.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД1-ПК-1.2	Знает влияние различных способов термической и механической обработки на структуру и физические свойства металлов и сплавов; общие принципы построения зависимостей перечня физических свойств металлов и сплавов для определения оптимальных характеристик и условий их достижения с помощью персонального компьютера.	Знает современные технологии и программные продукты; специализированные программные продукты; основы информационных технологий; методику проведения презентаций.	Коллоквиум

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД2-ПК-1.2	Умеет использовать современные программные продукты и выбирать методы исследования для установления взаимосвязи между структурой и физическими свойствами материала	Умеет использовать программные продукты для решения технических задач	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД3-ПК-1.2	Владеет навыками проведения исследований металлических материалов с помощью неразрушающих методов на современном оборудовании с применением специализированного программного обеспечения	Владеет навыками анализа структуры металлов и сплавов с применением специализированных программных продуктов.	Защита лабораторной работы
ПК-2.2	ИД1-ПК2.2	Знает терминологию физики металлов; классификацию видов связи в твердых телах; основы теории сплавов, теории диффузии и теории фазовых превращений в металлических телах.	Знает кристаллическое строение металлов и сплавов; закономерности формирования структуры и свойств металлических материалов; методы оценки структуры и свойств металлов и сплавов.	Экзамен
ПК-2.2	ИД2-ПК2.2	Умеет подготавливать образцы к проведению исследований физических свойств металлов и сплавов	Умеет проводить подготовку образцов для оценки химического состава, структуры и свойств металлов и сплавов.	Защита лабораторной работы
ПК-2.2	ИД3-ПК2.2	Владеет навыками расчета физических свойств металлических материалов и их оценки путем статистической обработки результатов эксперимента	Владеет навыками оценки структуры и свойств металлов и сплавов.	Отчёт по практическом у занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 1 - Виды связи в твердых телах	5	0	8	12
<p>Тема 1. Классификация видов связи в твердых телах Виды химических связей. Отличительные особенности каждого вида. Особенности металлической связи между атомами и принцип формирования кристаллических структур. Свойства металлических кристаллов. Строение и свойства кристаллов химических элементов в зависимости от положения их в периодической системе Д.И. Менделеева. Зависимость физических свойств кристаллов химических элементов от положения в периодической системе Д.И. Менделеева.</p> <p>Тема 2. Электронное строение твердых тел Электронное строение атома с позиций квантовой механики. Основные принципы квантовой механики. Уравнение Луи де Бройля, уравнение Шредингера, принцип запрета Паули. Квантовые электронные теории. Теории Зоммерфельда и Блоха. Понятие зон Бриллюэна. Статистика Ферми. Особенности движения электрона вблизи потолка зоны Бриллюэна. Электронные спектры проводников, полупроводников и диэлектриков. Влияние электронного строения металлов на их физические свойства. Использование нанотехнологий для создания микроскопов высокого разрешения. Туннелирование электронов. Туннельные электронные микроскопы.</p>				
Раздел 2 – Взаимодействие атомов в двойных системах. Фазовые превращения в металлах и сплавах	5	0	8	16
<p>Тема 3. Теория сплавов Типы взаимодействия атомов в двойных системах в твердом и жидком состоянии. Условия образования твердых растворов различных типов: внедрения, замещения, вычитания. Энергия смешения. Электронная концентрация. Упорядочение и расслоение твердых растворов. Термодинамические закономерности. Классификация промежуточных соединений, условия образования и свойства: электронные соединения (фазы Юм-Розери). фазы внедрения; фазы Лавеса; сигма-фазы и родственные им соединения.</p> <p>Тема 4. Теория фазовых превращений в твердых телах Особенности фазовых и структурных превращений</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
в твердом состоянии. Виды и классификация фазовых превращений в твердом состоянии. Различие оснований для разных видов классификации. Характеристика фазовых превращений в стали по разным классификациям. Термодинамический анализ процесса образования новой фазы в твердом состоянии. Роль межфазных границ и упругой энергии в фазовом превращении. Строение и энергия межфазных границ. Условия когерентности решеток на межфазной границе. Условия возникновения упругих искажений и упругой энергии в ходе фазового превращения. Влияние их на кинетику фазового превращения. Понятие массивного фазового превращения.				
Раздел 3 – Тепловые свойства металлов и сплавов	4	9	0	12
Тема 5. Теплоемкость металлов и сплавов Понятие атомной и удельной теплоемкостей. Теория теплоемкости Эйнштейна-Дебая. Характеристическая температура как мера энергии межатомной связи. Тепловые эффекты при фазовых превращениях. Различие температурной зависимости теплоемкости при фазовых превращениях I и II рода. Методы измерения теплоемкости. Эффекты изменения теплоемкости при наклепе, закалке, отпуске и других технологических операциях. Теплопроводность металлов и сплавов. Тема 6. Плотность и термическое расширение металлов и сплавов Общие понятия и определения. Методы измерения плотности. Влияние различных факторов на плотность. Физические основы термического расширения твердых тел. Инварный эффект. Принцип создания сплавов с заданным коэффициентом термического расширения. Устройство, принцип действия, область применения дифференциального dilatометра Шевенара.				
Раздел 4 – Электрические и магнитные свойства металлов и сплавов	4	9	0	14
Тема 7. Электрические свойства металлов и сплавов Основные понятия и определения. Физическая природа электрической проводимости металлов. Влияние химического состава, температуры, наклепа, вида термообработки на электросопротивление сталей. Методы измерения электросопротивления и их применение для оценки изменений структурного состояния. Проводниковые материалы, материалы для резисторов и нагревателей. Принципы выбора				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
химического состава и вида термообработки. Тема 8. Магнитные свойства металлов и сплавов Диаманитные и парамагнитные свойства химических элементов и твердых тел. Методы измерения парамагнитных и диаманитных свойств. Влияние плавления, наклепа и фазовых превращений. Магнитное упорядочение. Магнитные характеристики, определяемые по кривой намагничивания и петле гистерезиса. Внутренняя структура ферромагнетиков. Точка Кюри. Магнитная кристаллографическая анизотропия. Константа магнитной анизотропии. Теории коэрцитивной силы: теория напряжений, теория включений. Теория намагничивания однодоменных ферромагнетиков. Магнитно-мягкие и магнитно-твердые материалы. Различие в химическом составе, кристаллическом строении, технологии получения и обработке. Область применения. Термомагнитные свойства и материалы.				
ИТОГО по 5-му семестру	18	18	16	54
ИТОГО по дисциплине	18	18	16	54

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет характеристик металлических кристаллов
2	Расчет характеристик ионных и атомных кристаллов
3	Поры в кристаллической структуре металлических кристаллов
4	Расчет характеристик твердых растворов
5	Объемные эффекты фазовых превращений в металлических кристаллах
6	Холодная и горячая пластическая деформация твердых тел

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение критических точек стали при нагреве и охлаждении с использованием дифференциальной термопары
2	Измерение плотности металлов и сплавов
3	Определение критических точек стали при нагреве и охлаждении дилатометрическим методом

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
4	Измерение удельного электросопротивления металлов и сплавов

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.</li> </ol>
---

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

<b>№ п/п</b>	<b>Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</b>	<b>Количество экземпляров в библиотеке</b>
<b>1. Основная литература</b>		
1	Гуляев А. П. Металловедение : учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. - Москва: Альянс, 2012.	25
<b>2. Дополнительная литература</b>		



<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Казаков А. В. Планирование эксперимента и измерение физических величин : учебное пособие / А. В. Казаков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
2	Мишин Д. Д. Магнитные материалы : учебное пособие для вузов / Д. Д. Мишин. - Москва: Высш. шк., 1991.	5
3	Физические величины : справочник / А. П. Бабичев [и др.]. - Москва: Энергоатомиздат, 1991.	2
4	Физическое металловедение : учебник для вузов / С. В. Грачев [и др.]. - Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2001.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Заводская лаборатория. Диагностика материалов : научно-технический журнал по аналитической химии, физическим, математическим и механическим методам исследования, а также сертификации материалов / Издательство Тест-ЗЛ. - Москва: Тест-ЗЛ, 1932 - .	
2	Физика металлов и металловедение : журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук. - Москва: Наука, 1955 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Скаков, Ю.А. Физика конденсированных сред.- М : МИСИС, 2001	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan-RU-LAN-BOOK-116570">http://elib.pstu.ru/Record/lan-RU-LAN-BOOK-116570</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Физические основы микро- и нанотехнологий: учеб. пособие / А.С. Иванов, Г.И.Пахомов. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 310 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks157399">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks157399</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Елманов Г.В. Физические свойства металлов и сплавов / Г.Н. Елманов, М.Г. Исаеноква, Е.А. Смирнов. - М: НИЯУ МИФИ, 2014	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan-RU-LAN-BOOK-103235">http://elib.pstu.ru/Record/lan-RU-LAN-BOOK-103235</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Физика металлов: учеб. пособие / Д.О. Панов, С.А. Коковьякина. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 93 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks173011">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks173011</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	<a href="https://dvs.rsl.ru/">https://dvs.rsl.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Аналитические весы	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Дилатометр Linseis L78 RITA	1
Лабораторная работа	Лабораторная термическая печь "Накал"	3
Лабораторная работа	Многофункциональный вихретоковый прибор МВП-2М	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	25

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Физика металлов»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	22.03.02 Металлургия
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	1. Metalловедение и технология термической обработки стали и высокопрочных сплавов  2. Metalловедение, термическая обработка и экспертиза
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 5 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В модулях предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Итоговый
	С	ТО	ОПЗ	ОЛР	КМ	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>3.1</b> Знает терминологию физики металлов; классификацию видов связи в твердых телах; основы теории сплавов, теории диффузии и теории фазовых превращений в металлических телах.	С1		ОПЗ 1-6		КМ1,2	ТВ
<b>3.2</b> Знает влияние различных способов термической и механической обработки на структуру и физические свойства металлов и сплавов; общие принципы построения зависимостей перечня физических свойств металлов и сплавов для определения оптимальных характеристик и условий их достижения с помощью персонального компьютера.		ТО1	ОПЗ 1-6		КМ2	ТВ

Освоенные умения						
У.1 Умеет использовать современные программные продукты и выбирать методы исследования для установления взаимосвязи между структурой и физическими свойствами материала				ОЛР 1- 4		ПЗ
У.2 Умеет подготавливать образцы к проведению исследований физических свойств металлов и сплавов				ОЛР 1- 4		
Приобретенные владения						
В.1 Владеет навыками проведения исследований металлических материалов с помощью неразрушающих методов на современном оборудовании с применением специализированного программного обеспечения				ОЛР 1- 4		
В.2 Владеет навыками расчета физических свойств металлических материалов и их оценки путем статистической обработки результатов эксперимента			ОПЗ 6			КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОПЗ – отчет по практическим занятиям; ОЛР – отчет по лабораторной работе; ТВ – теоретический вопрос; КМ – коллоквиум по модулю; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов промежуточного и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины.

В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

– входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

– текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

– промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных и практических работ, коллоквиума по модулям дисциплины. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 4 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Защита практических работ**

Согласно РПД запланировано 6 практических работ (ОПЗ) после освоения студентами соответствующих учебных тем дисциплины. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.3. Коллоквиум по модулю**

Согласно РПД запланировано 2 коллоквиума по модулю после изучения каждого модуля учебной дисциплины.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС

образовательной программы.

### **Типовые задания КМ 1:**

1. Назовите основные энергетические характеристики атомов.
2. Дайте понятие термину энергия смещения. Как происходит изменение энергии смещения при формировании твердых растворов.

### **Типовые задания КМ 2:**

1. Как изменяется плотность при плавлении, фазовых превращениях и пластической деформации кристаллических тел?
2. Какие магнитные характеристики определяют по кривой намагничивания и петле гистерезиса?

## **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Металлическая связь (принцип формирования, строение кристаллов, свойства).
2. Промежуточные соединения (виды, свойства, применение).
3. Особенности фазовых превращений в твердом состоянии.
4. Фазовые и структурные превращения (определение, примеры).
5. Физические основы термического расширения твердых тел.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Рассчитать коэффициент компактности кристаллической решетки металла.
2. Рассчитать плотность гетерогенного сплава.
3. Определить преимущественный тип связи соединения.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести качественный и количественный анализ дилатограммы нагрева сплава на основе железа.
2. Провести количественную оценку объемного эффекта полиморфного



превращения.

Перечень типовых заданий для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Приложение 1**  
**Типовые задания в форме билета для экзамена**

Форма билета для экзамена  
по дисциплине «Физика прочности и механические испытания металлов»

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**22.03.02 «Металлургия»**  
**Профиль «Металловедение и технология**  
**термической обработки стали и**  
**высокопрочных сплавов»**  
**Кафедра «Металловедение, термическая и**  
**лазерная обработка металлов»**

**БИЛЕТ № 1**

1. Металлическая связь (принцип формирования, строение кристаллов, свойства) – *контроль знаний*.
2. Промежуточные соединения (виды, свойства, применение) – *контроль знаний*.
3. Провести качественный и количественный анализ дилатограммы нагрева сплава на основе железа – *контроль умений и владений*.

Составитель

\_\_\_\_\_

(подпись)

Т.Ю. Барсукова

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

(подпись)

Ю.Н. Симонов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

*Полный комплект вопросов и заданий для экзамена в форме утвержденных билетов хранится на кафедре.*