

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Н. В. Лобов

« 28 » 04 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физика металлов
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 22.03.02 Металлургия
(код и наименование направления)

Направленность: Обработка металлов и сплавов давлением
(наименование образовательной программы)

Разработчик
Старший преподаватель



А.Н. Попцов

Разработчик
Канд.физ.-мат.наук доцент



Н.М. Кулмурзаев

Доцент с обязанностями
зав.кафедрой ТД,
канд.техн.наук



Т.О. Сошина

Согласовано

Начальник управления
образовательных программ,
канд.техн.наук, доцент



Д.С. Репецкий

Начальник учебно-
методического отдела



Т.В. Пашкина

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

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	ИД-1 ПК-1.2	Знать 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	Теоретический опрос. Теоретические вопросы экзамена
	ИД-2 ПК-1.2	Уметь использовать современные программные	Умеет использовать программные продукты для решения	Отчет практическим занятиям

		продукты и выбирать методы исследования для установления взаимосвязи между структурой и физическими свойствами материала	технических задач	Отчет по лабораторным работам. Практические задания экзамена
	ИД-3 ПК-1.2	Владеть 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	Отчет практическим занятиям Отчет по лабораторным работам. Практические задания экзамена
ПК-2.2	ИД-1 ПК-2.2	Знать терминологию физики металлов; классификацию видов связи в твердых телах; основы теории сплавов, теории диффузии и теории фазовых превращений в металлических тела	Знает кристаллическое строение металлов и сплавов; закономерности формирования структуры и свойств металлических материалов; методы оценки структуры и свойств металлов и сплавов	Теоретический опрос. Теоретические вопросы экзамена
	ИД-2 ПК-2.2	Уметь подготавливать образцы к проведению исследований физических свойств металлов и сплавов	Умеет проводить подготовку образцов для оценки химического состава, структуры и свойств металлов и сплавов	Отчет практическим занятиям Отчет по лабораторным работам. Практические задания экзамена
	ИД-3 ПК-2.2	Владеть навыками расчета физических свойств металлических материалов и их оценки путем статистической обработки результатов эксперимента	Владеет навыками оценки структуры и свойств металлов и сплавов.	Отчет практическим занятиям Отчет по лабораторным работам. Практические задания экзамена

3. Объем и виды учебной работы очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:		
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:	54	54
- 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 очная форма обучения

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Раздел 1 - Виды связи в твердых телах	5	0	4	12
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.	2			6

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
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.	3		4	6
Раздел 2 – Взаимодействие атомов в двойных системах. Фазовые превращения в металлах и сплавах	4	0	4	16
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.	2		2	8
Тема 4. Теория фазовых превращений в твердых телах. Особенности фазовых и структурных превращений 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.	2		2	8
Раздел 3 – Тепловые свойства металлов и сплавов	4	9	4	12

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
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.	2	5	2	6
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.	2	4	2	6
Раздел 4 – Электрические и магнитные свойства металлов и сплавов	5	9	4	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 электро сопротивление сталей. Методы измерения электро сопротивления и их применение для оценки изменений структурного состояния. Проводниковые материалы, материалы для резисторов и нагревателей. Принципы выбора химического состава и вида термообработки.	2	4	2	7
Тема 8. Магнитные свойства металлов и сплавов. Диамагнитные и парамагнитные свойства химических элементов и твердых тел. Методы измерения парамагнитных и диамагнитных 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.	3	5	2	7
ИТОГО по 5-му семестру	18	18	16	54
ИТОГО по дисциплине	18	18	16	54

Тематика практических занятий очной формы обучения

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Волновые свойства частиц. Уравнение Шрёдингера. Описание состояния электрона в атоме. Принцип Паули -4ч.
2	Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннелирование -2ч.
3	Структура электронных оболочек атомов в зависимости от положения элемента в таблице Менделеева -2ч.
4	Расчёт параметров кристаллической решётки -2ч.
5	Поры в кристаллической решётке. Твёрдые растворы. Определение состава твёрдого раствора -2ч.
6	Фазовые превращения. Расчёт изменений параметров кристаллической решётки при фазовых превращениях -2ч.
7	Расчёт плотности металлов -2ч.

Тематика лабораторных работ очной формы обучения

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение критических точек стали при нагреве и охлаждении с использованием дифференциальной термопары -6ч.
2	Измерение плотности металлов и сплавов -4ч.
3	Определение критических точек стали при нагреве и охлаждении dilatометрическим методом -4ч.
4	Измерение удельного электросопротивления металлов и сплавов -4ч.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

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; отработка у обучающихся навыков взаимодействия в составе коллектива; закрепление основ теоретических знаний.

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и на самостоятельную работу.
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.

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Ливанов, Д.В. Физика металлов: учебник для вузов / Д.В. Ливанов. - М.: МИСиС, 2006. - 280 с.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин. - 4-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 648 с.	5
2.2. Периодические издания		
1	Металлургия машиностроения [Текст]: международный научно-технический журнал/ Учредитель ООО «Литейное производство». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010-2021 гг.	
2	Металловедение и термическая обработка [Текст]: научно-технический и производственный журнал/ Учредитель редакционная коллегия, коллектив редакции. – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010г., 2-е полугодие.	
3	Металлообработка [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель АО «Издательство «Политехника». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2008-2013 гг.	
4	Металлург [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина», Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, Профцентр «Союзметалл», Ассоциация промышленников горно-металлургического комплекса России (АМРОС). – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2009-2010 гг.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
<i>Основная</i>	Ермаков, С.С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения/ С.С. Ермаков. - Электрон. версия учебника. - Л.: Изд.-во ЛПИ. - 1989. - 232с.	https://elib.pstu.ru/docview/3376	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Барахтин, Б.К. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения: справочник/ Б.К. Барахтин, А.М. Немец; под ред. И.П. Калинкина, В.И. Мосичева, Б.К. Барахтина. - Электрон. версия учебного пособия. - Санкт-Петербург: НПО Профessional, 1989. - 497с.	https://elib.pstu.ru/docview/2673	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Панов, Д.О. Физика металлов/ Д.О. Панов, С.А. Коковьякина; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. - Электрон. версия учебного пособия. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 94с.	https://elib.pstu.ru/docview/2349	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Сапунов, С.В. Материаловедение/С.В. Сапунов. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. версия учебника.- Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 208с.	https://e.lanbook.com/book/56171	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Федосеева, Е.М. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие/	https://elib.pstu.ru/docview/333	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>

	Е.М. Федосеева; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 71 с.		
--	--	--	--

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	ОС Windows 7 (Подписка Azure Tools for Teaching)
Офисные приложения	Программный комплекс – Microsoft Office (Академическая лицензия) MS Office Visio 2016 - учебная лицензия – 1794863 MSProject 2016 - учебная лицензия - 1794863

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

Наименование БД	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университет	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	http://e.lanbook.ru/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекции. Практические занятия и лабораторные работы	Стол преподавателя Парты Доска аудиторная для написания мелом Компьютер Мультимедиа проектор Экран настенный Колонки активные	16

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Приложение 1

3. Объем и виды учебной работы очно-заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	9	9
- лабораторные работы (ЛР)	9	9
- 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)	72	72
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	144	144

4. Содержание дисциплины очно-заочная форма обучения

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Раздел 1 - Виды связи в твердых телах	3	0	4	18
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.	1			9

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
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.	2		4	9
Раздел 2 – Взаимодействие атомов в двойных системах. Фазовые превращения в металлах и сплавах	2	0	4	18
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.	1		2	9
Тема 4. Теория фазовых превращений в твердых телах. Особенности фазовых и структурных превращений 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.	1		2	9
Раздел 3 – Тепловые свойства металлов и сплавов	2	4	4	18

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
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.	1	2	2	9
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.	1	2	2	9
Раздел 4 – Электрические и магнитные свойства металлов и сплавов	2	5	4	18
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 химического состава и вида термообработки.	1	3	2	9

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
Тема 8. Магнитные свойства металлов и сплавов Диамагнитные и парамагнитные свойства химических элементов и твердых тел. Методы измерения парамагнитных и диамагнитных 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.	1	2	2	9
ИТОГО по 7-му семестру	9	9	16	72
ИТОГО по дисциплине	9	9	16	72

Тематика практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Волновые свойства частиц. Уравнение Шрёдингера. Описание состояния электрона в атоме. Принцип Паули -4ч.
2	Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннелирование -2ч.
3	Структура электронных оболочек атомов в зависимости от положения элемента в таблице Менделеева -2ч.
4	Расчёт параметров кристаллической решётки -2ч.
5	Поры в кристаллической решётке. Твёрдые растворы. Определение состава твёрдого раствора -2ч.
6	Фазовые превращения. Расчёт изменений параметров кристаллической решётки при фазовых превращениях -2ч.
7	Расчёт плотности металлов -2ч.

Тематика лабораторных работ

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

3. Объем и виды учебной работы (заочная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	18	18
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	4	4
- лабораторные работы (ЛР)	6	6
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	6	6
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа	+	+
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	117	117
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	9	9
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	144	144

4. Содержание дисциплины (заочная форма обучения)

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Раздел 1 - Виды связи в твердых телах	1	0	2	30
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.	0,5			15

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
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.	0,5		2	15
Раздел 2 – Взаимодействие атомов в двойных системах. Фазовые превращения в металлах и сплавах	1	0	2	30
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 смещения. 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.	0,5		1	15
Тема 4. Теория фазовых превращений в твердых телах. Особенности фазовых и структурных превращений 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.	0,5		1	15
Раздел 3 – Тепловые свойства металлов и сплавов	1	2	1	30

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
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.	0,5	1	0,5	15
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.	0,5	1	0,5	15
Раздел 4 – Электрические и магнитные свойства металлов и сплавов	1	4	1	27
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 химического состава и вида термообработки.	0,5	2	0,5	12

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
Тема 8. Магнитные свойства металлов и сплавов Диамагнитные и парамагнитные свойства химических элементов и твердых тел. Методы измерения парамагнитных и диамагнитных 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.	0,5	4	0,5	15
ИТОГО по 7-му семестру	4	6	16	117
ИТОГО по дисциплине	4	6	16	117

Тематика практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Волновые свойства частиц. Уравнение Шрёдингера. Описание состояния электрона в атоме. Принцип Паули. Прохождение частиц через потенциальный барьер. -4ч.
2	Расчёт плотности металлов -2ч.
3	Расчёт параметров кристаллической решётки- 2ч.

Тематика лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Измерение плотности металлов и сплавов- 3ч.
2	Измерение удельного электросопротивления металлов и сплавов- 3ч.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение данного элемента УМКД в 2022-2023 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва 2021» изложить в следующей редакции «Лысьва 2022»	
2	Пункт 6.1. Печатная учебно-методическая литература раздела 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, заменить на новый (Приложение 2)	«27» 06 20<u>22</u>г., протокол № <u>39</u>  Доцент с и.о. зав. каф. ТД Т.О. Сошина
3	Пункт 6.2. Электронная учебно-методическая литература раздела 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, заменить на новый (Приложение 2)	

Приложение 2

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Ливанов, Д.В. Физика металлов: учебник для вузов / Д.В. Ливанов. - М.: МИСиС, 2006. - 280 с.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин. - 4-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 648 с.	5
2.2. Периодические издания		
1	Металлургия машиностроения [Текст]: международный научно-технический журнал/ Учредитель ООО «Литейное производство». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010-2022 гг.	
2	Металловедение и термическая обработка [Текст]: научно-технический и производственный журнал/ Учредитель редакционная коллегия, коллектив редакции. – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010г., 2-е полугодие.	
3	Металлообработка [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель АО «Издательство «Политехника». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2008-2013 гг.	
4	Металлург [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, Профцентр «Союзметалл», Ассоциация промышленников горно-металлургического комплекса России (АМРОС). – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2009-2010 гг.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид	Наименование	Ссылка на	Доступность
-----	--------------	-----------	-------------

литературы	разработки	информационный ресурс	ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
<i>Основная</i>	Ермаков, С.С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения/ С.С. Ермаков. - Электрон. версия учебника. - Л.: Изд.-во ЛПИ. - 1989. - 232с.	https://elibr.pstu.ru/docview/3376	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Барахтин, Б.К. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения: справочник/ Б.К. Барахтин, А.М. Немец; под ред. И.П. Калинкина, В.И. Мосичева, Б.К. Барахтина. - Электрон. версия учебного пособия. - Санкт-Петербург: НПО Профессионал, 1989. - 497с.	https://elibr.pstu.ru/docview/2673	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Панов, Д.О. Физика металлов/ Д.О. Панов, С.А. Коковякина; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. - Электрон. версия учебного пособия. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 94с.	https://elibr.pstu.ru/docview/2349	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Сапунов, С.В. Материаловедение/С.В. Сапунов. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. версия учебника.- Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 208с.	https://e.lanbook.com/book/56171	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Федосеева, Е.М. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие/ Е.М. Федосеева; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 71 с.	https://elibr.pstu.ru/docview/333	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение данного элемента УМКД в 2023-2024 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва 2022» изложить в следующей редакции « Лысьва 2023 »	«26» июня 2023 г., протокол № 40 Доцент с и.о. зав. каф. ТД  Т.О. Сошина
2	Пункт 6.1. Печатная учебно-методическая литература раздела 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, заменить на новый (Приложение 3)	
3	Пункт 6.2. Электронная учебно-методическая литература раздела 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, заменить на новый (Приложение 3)	

Приложение 3

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Ливанов, Д.В. Физика металлов: учебник для вузов / Д.В. Ливанов. - М.: МИСиС, 2006. - 280 с.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин. - 4-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 648 с.	5
2.2. Периодические издания		
1	Металлургия машиностроения [Текст]: международный научно-технический журнал/ Учредитель ООО «Литейное производство». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010-2022 гг.	
2	Металловедение и термическая обработка [Текст]: научно-технический и производственный журнал/ Учредитель редакционная коллегия, коллектив редакции. – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010г., 2-е полугодие.	
3	Металлообработка [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель АО «Издательство «Политехника». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2008-2013 гг.	
4	Металлург [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, Профцентр «Союзметалл», Ассоциация промышленников горно-металлургического комплекса России (АМРОС). – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2009-2010 гг.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид	Наименование	Ссылка на	Доступность
-----	--------------	-----------	-------------

литературы	разработки	информационный ресурс	ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
<i>Основная</i>	Ермаков, С.С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения/ С.С. Ермаков. - Электрон. версия учебника. - Л.: Изд.-во ЛПИ. - 1989. - 232с.	https://elibr.pstu.ru/docview/3376	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Барахтин, Б.К. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения: справочник/ Б.К. Барахтин, А.М. Немец; под ред. И.П. Калинкина, В.И. Мосичева, Б.К. Барахтина. - Электрон. версия учебного пособия. - Санкт-Петербург: НПО Профессионал, 1989. - 497с.	https://elibr.pstu.ru/docview/2673	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Панов, Д.О. Физика металлов/ Д.О. Панов, С.А. Коковякина; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. - Электрон. версия учебного пособия. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 94с.	https://elibr.pstu.ru/docview/2349	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Сапунов, С. В. Материаловедение : учебное пособие / С. В. Сапунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с.	https://e.lanbook.com/book/211805	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Дополнительная</i>	Федосеева, Е.М. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие/ Е.М. Федосеева; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 71 с.	https://elibr.pstu.ru/docview/333	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Периодические издания</i>	Физика металлов и материаловедение. Российская академия наук Уральское отделение РАН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН (Екатеринбург) Арх. номеров 2019-2021 гг.	https://elibrary.ru/content.aspx?titleid=8250	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>

<i>Периодическое издание</i>	Металлург Металлургиздат (Москва) <i>Арх.номеров</i> 2022-2023гг.	https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7889	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>
<i>Периодическое издание</i>	ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ (ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ) Новосибирская научно-производственная коммерческая фирма «Машсервисприбор» Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск) <i>Арх.номеров</i> 2018-2023гг.	https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=8950	<i>Сеть Интернет /авторизованный</i>

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение рабочей программы дисциплины Физика металлов в 2024-2025 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва 2023» изложить в следующей редакции «Лысьва 2024»	«24» июня 2024 г., протокол № 40  Доцент с и.о.зав.каф. ТД Т.О. Сошина
2	Пункт 6.1 Печатная учебно-методическая литература Пункт 6.2 Электронная учебно-методическая литература раздела 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине заменить на новый (Приложение 4)	

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

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Ливанов, Д.В. Физика металлов: учебник для вузов / Д.В. Ливанов. - М.: МИСиС, 2006. - 280 с.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин. - 4-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 648 с.	5
2.2. Периодические издания		
1	Металлургия машиностроения [Текст]: международный научно-технический журнал/ Учредитель ООО «Литейное производство». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010-2022 гг.	
2	Металловедение и термическая обработка [Текст]: научно-технический и производственный журнал/ Учредитель редакционная коллегия, коллектив редакции. – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2010г., 2-е полугодие.	
3	Металлообработка [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель АО «Издательство «Политехника». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2008-2013 гг.	
4	Металлург [Текст]: научно- производственный журнал/ Учредитель ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, Профцентр «Союзметалл», Ассоциация промышленников горно-металлургического комплекса России (АМРОС). – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2009-2010 гг.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационны й ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть;
----------------	----------------------------	--	--

			авторизованный / свободный доступ)
Основная	Ермаков, С.С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения/ С.С. Ермаков. - Электрон. версия учебника. - Л.: Изд.-во ЛПИ. - 1989. - 232с.	https://elibr.pstu.ru/docview/3376	Сеть Интернет /авторизованный
Дополнительная	Барахтин, Б.К. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Физико-аналитические методы исследования металлов и сплавов. Неметаллические включения: справочник/ Б.К. Барахтин, А.М. Немец; под ред. И.П. Калинкина, В.И. Мосичева, Б.К. Барахтина. - Электрон. версия учебного пособия. - Санкт-Петербург: НПО Профессионал, 1989. - 497с.	https://elibr.pstu.ru/docview/2673	Сеть Интернет /авторизованный
Дополнительная	Панов, Д.О. Физика металлов/ Д.О. Панов, С.А. Коковьякина; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. - Электрон. версия учебного пособия. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 94с.	https://elibr.pstu.ru/docview/2349	Сеть Интернет /авторизованный
Дополнительная	Сапунов, С. В. Материаловедение : учебное пособие / С. В. Сапунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с.	https://e.lanbook.com/book/211805	Сеть Интернет /авторизованный
Дополнительная	Федосеева, Е.М. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие/ Е.М. Федосеева; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 71 с.	https://elibr.pstu.ru/docview/333	Сеть Интернет /авторизованный
Периодические издания	Физика металлов и материаловедение. Российская академия наук Уральское отделение РАН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН (Екатеринбург) Арх. номеров 2019-2021 гг.	https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8250	Сеть Интернет /авторизованный
Периодические издания	Металлург Металлургиздат (Москва) Арх.номеров 2022-2024гг.	https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7889	Сеть Интернет /авторизованный
Периодические издания	ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ (ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ) Новосибирская научно-производственная коммерческая фирма «Машсервисприбор»	https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=8950	Сеть Интернет /авторизованный

	Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск) Арх.номеров 2018-2024гг.		
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ» основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «22.03.02 Metallurgy» МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по организации практических занятий, Лысьва 2022	\\mserv\elcat\Электронные пособия\	Локальная сеть/свободный
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ» основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «22.03.02 Metallurgy» МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по организации лабораторных работ, Лысьва 2022	\\mserv\elcat\Электронные пособия\	Локальная сеть/свободный
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента	УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ «Физика металлов» основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 22.03.02 «Metallurgy» МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по организации, выполнению и контролю самостоятельной работы студентов, Лысьва 2022	\\mserv\elcat\Электронные пособия\	Локальная сеть/свободный