

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль |
|-------------------|--------------------------------|
| 1152571 | Материаловедение в металлургии |

Екатеринбург

| Перечень сведений о рабочей программе модуля | Учетные данные |
|---|---|
| Образовательная программа 1. Металлургия титана | Код ОП 1. 22.03.02/33.03 |
| Направление подготовки 1. Металлургия | Код направления и уровня подготовки 1. 22.03.02 |

Программа модуля составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|---------------------------------|--|------------------|-------------------------------------|
| 1 | Коэмец Ольга Аркадьевна | к.т.н., доцент | доцент | Термообработки и физики металлов |

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Материаловедение в металлургии**

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплины «Кристаллография и дефекты кристаллического строения», «Металловедение», «Методы контроля и анализа веществ», «Механические свойства металлов и сплавов», «Физика металлов и физические свойства металлов и сплавов». Содержание дисциплин модуля включает фундаментальные знания о физических процессах, определяющих механические и физические свойства металлов и их сплавов; общие принципы определения свойств; знания о наиболее востребованных и применяемых методиках определения свойств для оценки эксплуатационных характеристик изделий из металлов и их сплавов. В процессе обучения формируются практические умения и навыки подготовки, проведения и анализа результатов основных видов испытаний. Дисциплины модуля могут быть реализованы в смешанной и традиционной технологиях. Использование смешанной технологии предполагает применение электронных ресурсов, размещенных на образовательных платформах УрФУ.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|--|---|
| 1 | Кристаллография и дефекты кристаллического строения | 4 |
| 2 | Металловедение | 5 |
| 3 | Механические свойства металлов и сплавов | 5 |
| 4 | Физика металлов и физические свойства металлов и сплавов | 4 |
| 5 | Методы контроля и анализа веществ | 3 |
| ИТОГО по модулю: | | 21 |

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

| | |
|---|---|
| Пререквизиты модуля | 1. Химия |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | 1. Технологии обработки давлением легких металлов и сплавов |

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения (индикаторы) |
|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Кристаллография и дефекты кристаллического строения | ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества | <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p> |
| Металловедение | ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества | <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p> |
| Методы контроля и | ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к | З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и |

| | | |
|--|---|--|
| анализа веществ | <p>профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества</p> | <p>решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p> |
| | <p>ПК-8 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области материалов и процессов обработки металлов давлением</p> | <p>З-2 - Характеризовать способы испытания образцов для определения физических и механических свойств для оценки качества металлопродукции</p> <p>У-2 - Выбирать способы испытания образцов в зависимости от условий эксплуатации металлопродукции</p> <p>П-2 - Оформлять отчеты по практическим и лабораторным работам по определению физических и механических свойств материала и оценке качества металлопродукции</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ, моделировании процессов обработки металлов давлением</p> <p>Д-2 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности при работе с научно-технической литературой</p> <p>Д-3 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p> |
| Механические свойства металлов и сплавов | <p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей</p> | <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>развития природы, человека и общества</p> | <p>формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p> |
| | <p>ПК-8 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области материалов и процессов обработки металлов давлением</p> | <p>З-2 - Характеризовать способы испытания образцов для определения физических и механических свойств для оценки качества металлопродукции</p> <p>У-2 - Выбирать способы испытания образцов в зависимости от условий эксплуатации металлопродукции</p> <p>П-2 - Оформлять отчеты по практическим и лабораторным работам по определению физических и механических свойств материала и оценке качества металлопродукции</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ, моделировании процессов обработки металлов давлением</p> <p>Д-2 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности при работе с научно-технической литературой</p> <p>Д-3 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p> |
| | <p>ПК-10 - Способен анализировать, подготавливать, моделировать и проводить эксперименты на оборудовании с использованием необходимых методик и обрабатывать их результаты</p> | <p>З-2 - Характеризовать способы испытания образцов металла для определения их физических и механических свойств</p> <p>У-2 - Обосновать выбор метода теоретического и экспериментального анализа в зависимости от поставленной задачи термической обработки металлов и выявлять связи между характеристиками объекта исследования</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | | <p>П-2 - Оформлять отчеты по определению физических и механических свойств материала и оценке качества образцов металла</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ</p> <p>Д-2 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p> |
| | <p>ПК-13 - Способен осуществлять контроль качества по стандартным методикам на всех этапах производства, выявлять и анализировать причины брака</p> | <p>З-1 - Классифицировать дефекты видов изделий, получаемых в результате термообработки металла и способы их устранения</p> <p>З-2 - Перечислять нормативно-технические требования, предъявляемые к качеству изделий из металла после термообработки</p> <p>З-3 - Определять факторы, влияющие на образование брака для изделий из металла, получаемых в процессе термообработки, и способы их предупреждения</p> <p>У-1 - Анализировать причины образования дефектов и предлагать варианты их предупреждения и устранения для изделий из металла, получаемых в процессе термообработки.</p> <p>П-1 - Разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению дефектов для изделий, получаемых в результате термообработки металла, на основе анализа причин их возникновения</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности при работе со специальной литературой</p> <p>Д-2 - Демонстрировать аналитические способности</p> |
| <p>Физика металлов и физические свойства металлов и сплавов</p> | <p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей</p> | <p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>развития природы, человека и общества</p> | <p>формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде</p> |
| | <p>ПК-8 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области материалов и процессов обработки металлов давлением</p> | <p>З-2 - Характеризовать способы испытания образцов для определения физических и механических свойств для оценки качества металлопродукции</p> <p>У-2 - Выбирать способы испытания образцов в зависимости от условий эксплуатации металлопродукции</p> <p>П-2 - Оформлять отчеты по практическим и лабораторным работам по определению физических и механических свойств материала и оценке качества металлопродукции</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ, моделировании процессов обработки металлов давлением</p> <p>Д-2 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности при работе с научно-технической литературой</p> <p>Д-3 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p> |
| | <p>ПК-10 - Способен анализировать, подготавливать, моделировать и проводить эксперименты на оборудовании с использованием необходимых методик и обрабатывать их результаты</p> | <p>З-2 - Характеризовать способы испытания образцов металла для определения их физических и механических свойств</p> <p>У-2 - Обосновать выбор метода теоретического и экспериментального анализа в зависимости от поставленной задачи термической обработки металлов и выявлять связи между характеристиками объекта исследования</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | | <p>П-2 - Оформлять отчеты по определению физических и механических свойств материала и оценке качества образцов металла</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ</p> <p>Д-2 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p> |
| | <p>ПК-13 - Способен осуществлять контроль качества по стандартным методикам на всех этапах производства, выявлять и анализировать причины брака</p> | <p>З-1 - Классифицировать дефекты видов изделий, получаемых в результате термообработки металла и способы их устранения</p> <p>З-2 - Перечислять нормативно-технические требования, предъявляемые к качеству изделий из металла после термообработки</p> <p>З-3 - Определять факторы, влияющие на образование брака для изделий из металла, получаемых в процессе термообработки, и способы их предупреждения</p> <p>У-1 - Анализировать причины образования дефектов и предлагать варианты их предупреждения и устранения для изделий из металла, получаемых в процессе термообработки.</p> <p>П-1 - Разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению дефектов для изделий, получаемых в результате термообработки металла, на основе анализа причин их возникновения</p> <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности при работе со специальной литературой</p> <p>Д-2 - Демонстрировать аналитические способности</p> |

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и очно-заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Кристаллография и дефекты
кристаллического строения

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|---------------------------------|--|------------------|--|
| 1 | Карабаналов Максим Сергеевич | кандидат технических наук, без ученого звания | Доцент | Кафедра термообработки и физики металлов |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Карабаналов Максим Сергеевич, Доцент, термообработки и физики металлов**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|---|
| P1 | Введение | Кристаллография в системе научных знаний о твердом теле. Разделы и методы кристаллографии. Кристаллическое состояние. Ближний и дальний порядок. Аморфное состояние. Анизотропия и симметрия кристаллов. Эмпирические законы кристаллографии. Зарождение и рост кристаллов. |
| P2 | Геометрическая кристаллография. Симметрия кристаллов | Структура кристалла и пространственная решетка. Метод кристаллографического индизирования. Закон целых чисел. Символы узлов, ребер и граней кристалла. Кристаллографические проекции кристалла: сферическая, стереографическая, гномостерео-графическая, гномоническая. Понятие точечной симметрии. Операции и элементы симметрии первого рода. Плоскость, центр и ось симметрии. Операции и элементы симметрии второго рода. Обозначение элементов симметрии на стереографических проекциях. Матричные представления преобразований симметрии. Теоремы о сочетании операций симметрии. Единичное направление в кристалле. Кристаллографические категории. Сингонии. Системы координат. Правила установки и формы примитивных ячеек. |

| | | |
|-----------|---------------------------------|--|
| | | <p>Классы симметрии. Формулы симметрии, символы классов. Точечные группы симметрии. Вывод и описание 32 классов симметрии. Стереографические проекции элементов симметрии.</p> <p>Формы кристаллов. Физически различные формы кристаллов. Определение символов граней и ребер кристаллов. Закон зон.</p> |
| Р3 | Структурная кристаллография | <p>Трансляция, вектор трансляции, минимальный трансляционный вектор. Решетки Бравэ.</p> <p>Элементы симметрии кристаллических структур: плоскости скользящего отражения (осевые, диагональные, алмазные), винтовые оси симметрии.</p> <p>Теоремы о сочетании операций симметрии структур.</p> <p>Пространственные группы симметрии.</p> <p>Правильная система точек. Понятие базиса.</p> <p>Определение взаимного векторного базиса.</p> <p>Обратная решетка. Объем ее элементарной ячейки. Направление и величина вектора обратной решетки. Узловой ряд. Соотношение между плоскостями и узлами прямой и обратной решетки.</p> <p>Двумерные прямоугольная и косоугольная обратные решетки. Анализ примитивных ячеек обратных решеток ГЦК и ОЦК-кристаллов. Построение элементарных ячеек обратных решеток кристаллов кубической и гексагональной сингоний.</p> <p>Основные сведения об экспериментальном определении структуры кристаллов.</p> <p>Формулы для определения периода идентичности и межплоскостного расстояния для кристаллов всех сингоний.</p> <p>Формулы для определения расстояния между двумя узлами решетки, углов между двумя плоскостями; между двумя направлениями; между плоскостью и направлением для кристаллов всех сингоний.</p> |
| Р4 | Дефекты кристаллической решетки | <p>Совершенный и несовершенный кристалл. Дефекты кристаллического строения и их влияние на свойства металлов. Классификация дефектов. Виды точечных дефектов. Линейные дефекты. Поверхностные дефекты. Объемные дефекты.</p> |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|-----------------------------------|--|---|------------------------------|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно- | Технология формирования уверенности и | ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, | Д-1 - Демонстрировать умение |

| | | | | |
|--|---|---|---|-------------------------------|
| | исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества | эффективно работать в команде |
|--|---|---|---|-------------------------------|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Кристаллография и дефекты кристаллического строения

Электронные ресурсы (издания)

1. Четверикова, А. Г.; Кристаллография : учебное пособие.; Оренбургский государственный университет, Оренбург; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745> (Электронное издание)
2. Гофпенец, Р. Л.; Кристаллография : монография.; Беларуская навука, Минск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576475> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Васильев, Д. М.; Физическая кристаллография : Учеб. пособие для металлург. специальностей вузов.; Металлургия, Москва; 1981 (22 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Кристаллография и дефекты кристаллического строения

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

| № п/п | Виды занятий | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------------------|--|--|
| 1 | Лекции | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Практические занятия | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Самостоятельная работа студентов | Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 4 | Консультации | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | Подключение к сети Интернет | |
| 5 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Металловедение

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-----------------------------|--|------------------|-------------------------------------|
| 1 | Козмец Ольга Аркадьевна | к.т.н., доцент | доцент | Термообработки и физики металлов |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|--|
| P1 | Строение металлов и основные методы исследования | <p>Введение. Металлография и металловедение. Металловедение как наука о связи между составом, структурой и свойствами металлов.</p> <p>Характеристика металлического состояния. Атомно-кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллографического строения металлов. Кристаллические и аморфные тела. Анизотропия. Полиморфизм. Методы исследования атомно-кристаллического строения.</p> <p>Микроструктура металлов. Монокристаллы и поликристаллы. Микроскопический анализ. Приготовление шлифов. Методы микроскопического анализа.</p> <p>Макроскопический анализ. Макроскопический анализ изломов и шлифов.</p> <p>Понятие о возможностях электронной микроскопии.</p> <p>Методы исследования фазовых превращений.</p> |
| P2 | Свойства металлов | <p>Механические испытания свойства металлов. Статические, динамические и циклические испытания. Испытания на растяжение. Кривые растяжения. Характеристики пластичности при растяжении. Испытания на сжатие и на изгиб. Испытания на твердость. Микротвердость. Ударная вязкость. Типы концентратора напряжений.</p> |

| | | |
|----|--------------------------------|--|
| | | <p>Физические свойства. Жаропрочность. Жаростойкость. Коррозионная стойкость.</p> |
| Р3 | Кристаллизация чистых металлов | <p>Структура металлов в жидком состоянии. Термодинамические условия процесса кристаллизации. Механизм процесса кристаллизации. Параметры кристаллизации (число зародышей, скорость роста).</p> <p>Теория затвердевания. Гомогенное и гетерогенное зарождение. Самопроизвольное образование зародышей. Критический размер зародыша. Влияние степени переохлаждения на число зародышей. Скорость образования зародышей.</p> <p>Гетерогенное зарождение. Соотношения энергии флуктуации при самопроизвольной и несамопроизвольной кристаллизации. Принцип структурного соответствия. Модифицирование. Требования предъявляемые к модификаторам.</p> <p>Скорость роста зародышей. Механизм роста кристаллов - образование двухмерных зародышей. Кинетика кристаллизации. Закалка из жидкого состояния. Аморфное состояние.</p> <p>Размер зерна после кристаллизации. Факторы, определяющие размер зерна. Форма кристаллов, образующихся при затвердевании металла. Характер роста кристаллов. Дендритный способ кристаллизации металлов. Структура слитка. Образование зон в слитке. Условия для возникновения той или иной зоны. Технологические свойства слитков с различной структурой.</p> <p>Усадочные явления при кристаллизации слитков. Усадочная раковина. Зависимость объема усадочной раковины от различных факторов. Микропоры и газовые пузыри. Меры борьбы с отрицательным влиянием усадочных раковин. Выращивание монокристаллов.</p> |
| Р4 | Фазы в металлических сплавах | <p>Виды связи. Энергия связи и обусловленные ею свойства твердых тел. Виды химической связи в твердых телах, характеристики этих видов связей, физические свойства и строение кристаллов, образованных с помощью этих видов связей. Металлическое состояние. Классификация металлов по физическим свойствам, по строению внешних электронных оболочек.</p> <p>Фазовые переходы I и II рода.</p> <p>Классификация фаз. Твердые растворы и промежуточные фазы. Типы твердых растворов.</p> <p>Твердые растворы замещения. Основные факторы, определяющие пределы растворимости в твердом состоянии. Упорядоченные и неупорядоченные твердые растворы. Сверхструктуры. Точка Курнакова. Ближний порядок. Термодинамические свойства твердых растворов замещения.</p> |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | <p>Термодинамический анализ склонности твердых растворов к упорядочению и расслоению.</p> <p>Твердые растворы внедрения. Условия образования твердых растворов внедрения.</p> <p>Промежуточные фазы. Твердые растворы на базе промежуточных фаз. Классификация промежуточных фаз. Соединения с нормальной валентностью. Электронные соединения. Фазы Лавеса. Сигма-фазы. Фазы внедрения.</p> |
| P5 | <p>Диаграммы состояния двойных систем</p> | <p>Общие представления о диаграммах состояния. Правило рычага.</p> <p>Система с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии. Кристаллизация твердых растворов.</p> <p>Образование эвтектики при полной взаимной растворимости в жидком состоянии и отсутствии растворимости в твердом состоянии. Кинетика и механизм эвтектической кристаллизации.</p> <p>Понятие о структурных составляющих. Структура эвтектических сплавов. Образование эвтектики при наличии ограниченной растворимости в твердом состоянии.</p> <p>Перитектическое превращение при наличии ограниченной растворимости в твердом состоянии.</p> <p>Диаграмма состояния с монотектическим превращением.</p> <p>Диаграммы состояния с конгруэнтно- и инконгруэнтноплавящимися промежуточными фазами.</p> <p>Связь между диаграммами состояния и свойствами сплавов (законы Курнакова).</p> <p>Примеры реальных диаграмм двойных систем. Изображение состава в двойных системах в процентах по массе и в атомных процентах.</p> |
| P6 | <p>Неравновесная кристаллизация</p> | <p>Микроликвация (дендритная ликвация) как результат неравновесной кристаллизации твердых растворов. Коэффициент равновесного распределения и коэффициент ликвации. Гомогенизационный отжиг как мера борьбы с микроликвацией. Появление неравновесной эвтектики как результат ликвации в системах эвтектического типа. Использование явления ликвации (направленная кристаллизация и зонная плавка).</p> <p>Макроликвация: прямая и обратная зональная ликвация, ликвация по удельному весу, условия их развития.</p> <p>Применение явления ликвации: очистка металлов методами направленной кристаллизации и зонной плавки.</p> <p>Кристаллизация метастабильных фаз.</p> |

| | | |
|-----------|---|--|
| | | |
| P7 | Связь литейных свойств двойных сплавов с диаграммой состояния | <p>Основные литейные свойства (жидкотекучесть, горячеломкость, усадка).</p> <p>Зависимость литейных свойств от состава в системах с непрерывным рядом твердых растворов и эвтектического типа. Выбор состава литейных сплавов с использованием диаграмм состояния.</p> |
| P8 | Система железо-углерод | <p>Роль железа и его сплавов в современной технике. Компоненты и фазы в системе Fe-C. Диаграмма состояния Fe-C.</p> <p>Кристаллизация и фазовые превращения в твердом состоянии сплавов Fe-Fe₃C.</p> <p>Фазовые и структурные превращения в сплавах железо-графит. Фазовый состав и структура. Основные характеристики. Области применения. Чугуны как сплавы с хорошими литейными свойствами. Особенности состава технических чугунов как многокомпонентных сплавов. Влияние условий охлаждения на структуру чугунов. Чугуны белые, серые, половинчатые.</p> <p>Серые, ковкие и высокопрочные чугуны. Формирование металлической основы в чугунных отливках. Влияние строения графитной составляющей и металлической основы на свойства чугуна. Марки серых чугунов.</p> <p>Классификация углеродистых сталей и белых чугунов по структуре. Примеси и легирующие элементы в сталях. Влияние легирующих элементов на полиморфные превращения железа. Классификация легирующих элементов по их отношению к углероду. Классификация сталей по структуре и применению. Маркировка.</p> |
| P9 | Диаграммы состояния тройных систем | <p>Геометрическое изображение состава тройных сплавов. Концентрационный треугольник. Свойства концентрационного треугольника. Правила рычага и центра тяжести треугольника.</p> <p>Геометрическое изображение диаграмм состояния тройных систем. Диаграмма состояния тройной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Пространственная диаграмма простейшего типа. Кристаллизация тройных однофазных сплавов. Изменение состава жидкой и твердой фаз. Горизонтальные (изотермические) и вертикальные (политермические) сечения.</p> <p>Диаграмма состояния тройной системы с тройной эвтектикой и отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии. Кристаллизация сплавов, изотермические и политермические сечения. Строение тройной эвтектики.</p> <p>Диаграмма состояния тройной системы с тройной эвтектикой и ограниченной растворимостью компонентов в твердом</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | состоянии. Кристаллизация сплавов, изотермические и политермические сечения. Другие типы тройных диаграмм. |
|--|--|---|

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|--|---|---|--|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества | Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Металловедение

Электронные ресурсы (издания)

1. Селиванова, О. В., Попова, А. А.; Структура материалов и методы ее исследования. Кристаллизация материалов. Двойные сплавы; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/106526.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Оленева, О. А., Селиванова, О. В., Беликов, С. В., Попов, А. А.; Диаграмма состояния системы железо - углерод : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (10 экз.)

2. , Арзамасов, Б. Н., Косолапов, Г. Ф., Сидорин, И. И.; Металловедение : учеб. для вузов.; Машиностроение, Москва; 1986 (56 экз.)

3. Захаров, А. М.; Диаграммы состояния двойных и тройных систем : Учеб. пособие для металлург. и машиностроит. специальностей вузов.; Металлургия, Москва; 1990 (24 экз.)

4. Штейнберг, С. С, Богачев, И. Н., Садовский, В. Д.; Металловедение; Металлургиздат, Свердловск; 1961 (15 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Металловедение

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Лабораторные занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет | |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Механические свойства металлов и сплавов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|----------------------------------|--|------------------|--|
| 1 | Степанов Степан Игоревич | кандидат технических наук, без ученого звания | Доцент | Кафедра термообработки и физики металлов |
| 2 | Хотинов Владислав Альфредович | кандидат технических наук, доцент | Доцент | Кафедра термообработки и физики металлов |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Степанов Степан Игоревич, Доцент, термообработки и физики металлов
- Хотинев Владислав Альфредович, Доцент, термообработки и физики металлов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|----------------------------------|--|
| P1 | Упругость и неупругость металлов | <p>ений. Характеристики деформаций. Схемы напряженного и деформированного состояния для различных видов механических испытаний.</p> <p>Выбор схемы испытаний для разных типов материалов после различных видов их термической, термомеханической и других обработок.</p> <p>Элементарный и обобщенный закон Гука. Упругие константы. Способы определения упругих констант. Эффекты неупругости. Внутреннее трение и его экспериментальное определение.</p> |
| P2 | Техника механических испытаний | <p>Классификация механических испытаний. Условия подобия. Испытания на растяжение. Оборудование для проведения испытаний.</p> <p>Анализ кривых растяжения в условных и истинных координатах. Определение прочностных и пластических характеристик по диаграмме растяжения.</p> <p>Типы разрывных машин и их основные характеристики. Проверка испытательных машин и стандартизация испытаний.</p> |

| | | |
|------------------|---|---|
| | | <p>Испытания на сжатие, изгиб, кручение. Особенности диаграмм деформации. Сопоставление свойств, полученных при испытаниях с различным коэффициентом жесткости.</p> <p>Испытания на твердость. Типы и устройство твердомеров, их основные характеристики. Поверка испытательных машин и стандартизация испытаний.</p> <p>Методика определения ударной вязкости. Оценка склонности к хрупкому и вязкому разрушению.</p> <p>Специальные виды механических испытаний для аттестации труб, сварных соединений и других изделий.</p> |
| <p>Р3</p> | <p>Пластическая деформация и упрочнение</p> | <p>Основные механизмы пластической деформации. Диаграммы деформации монокристаллов. Формирование дислокационной структуры и её вклад в упрочнение на разных стадиях деформации.</p> <p>Диаграммы деформации поликристаллов. Влияние границ зерен и субзерен на упрочнение. Сверхпластичность и условия её проявления.</p> <p>Упрочнение твёрдых растворов внедрения и замещения. Деформационное старение. Упрочнение за счет частиц второй фазы. Взаимодействие дислокаций с частицами выделений. Влияние типа выделений на величину упрочнения. Упрочнение при упорядочении.</p> <p>Влияние температуры, скорости деформации, схемы напряженного состояния, легирования, фазового состава сплава и его стабильности на вид диаграммы деформации и деформационное упрочнение.</p> |
| <p>Р4</p> | <p>Разрушение и методы его оценки</p> | <p>Виды разрушения. Основные характеристики разрушения.</p> <p>Хрупкое разрушение. Теория Гриффитса и её развитие. Анализ механического поведения реальных трещин в различных изделиях в определенных условиях эксплуатации. Фрактография хрупкого разрушения.</p> <p>Вязкое разрушение. Зарождение и распространение вязкой трещины. Фрактография вязкого разрушения. Переход от вязкого разрушения к хрупкому. Хладноломкость. Влияние внешних факторов, структуры и состава сплава на процесс разрушения.</p> <p>Применение микрофрактографии для анализа эксплуатационных повреждений. Корреляция фрактограмм с микроструктурой. Использование растровой и просвечивающей электронной микроскопии для изучения поверхностей разрушения.</p> <p>Испытания образцов с концентраторами напряжений и трещинами. Вязкость разрушения. Метод J-интеграла. Влияние химического состава, параметров структуры на вязкость разрушения.</p> |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | |
| P5 | Конструкционная прочность | <p>Конструктивная прочность металлов и сплавов. Основные виды воздействующих на материал внешних факторов и комплекс свойств, обеспечивающих надежность и долговечность. Металлы в композиционных, аморфных и порошковых материалах. Конструктивная прочность композиционных материалов.</p> <p>Материалы с нано- и субмикроструктурной структурой. Методы исследования механических свойств и применение в промышленности.</p> <p>Разрушение конструкций под действием циклических напряжений. Испытания на выносливость. Кривые усталости. Диаграммы циклической трещиностойкости. Природа усталостного разрушения. Связь выносливости с другими механическими свойствами. Термическая усталость.</p> <p>Жаропрочность. Диаграммы и стадии ползучести. Изменение структуры при длительных испытаниях. Разрушение при ползучести. Методы измерения деформации, стабилизация нагрузки и регистрация температуры при испытаниях на ползучесть и длительную прочность.</p> <p>Изнашивание металлов и его виды. Испытания на износ. Методы исследования поверхностной прочности. Характеристики износостойкости.</p> |
| P6 | Качество металла и надежность конструкций | <p>Технологические испытания массовой продукции. Оценка качества металла по механическим свойствам. Статистическая обработка результатов оценки механических свойств. Связь необходимого и достаточного числа механических характеристик с назначением конструкции. Экономическое значение надежности как характеристики качества.</p> |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---|--|---|---|
| Профессиональное воспитание | учебно-исследовательская, научно-исследовательская целенаправленная работа с информацией для использования в | Технология проектного образования Технология самостоятельной работы | ПК-8 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области материалов и процессов обработки | Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ, моделировании процессов |

| | | | | |
|--|-----------------------|--|--|--|
| | практических целях | | металлов давлением | обработки металлов давлением Д-2 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельность и при работе с научно- технической литературой Д-3 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление |
| | | | ПК-10 - Способен анализировать, подготавливать, моделировать и проводить эксперименты на оборудовании с использованием необходимых методик и обрабатывать их результаты | Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельность и при выполнении практических и лабораторных работ Д-2 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление |
| | | | ПК-13 - Способен осуществлять контроль качества по стандартным методикам на всех этапах производства, выявлять и анализировать причины брака | Д-1 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельность и при работе со специальной литературой Д-2 - Демонстрировать аналитические способности |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Механические свойства металлов и сплавов

Электронные ресурсы (издания)

1. Вихров, С. П.; Механические, электрические и магнитные свойства материалов : учебное пособие.; Вузовское образование, Саратов; 2004; <http://www.iprbookshop.ru/20679.html> (Электронное издание)
2. Сердюков, В. Н.; Механические свойства конструкционных материалов : методические указания к лабораторным работам по курсу «сопротивление материалов».; Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, Йошкар-Ола; 2011; <http://www.iprbookshop.ru/22582.html> (Электронное издание)
3. ; Современные инструментальные методы исследования механических свойств : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/106516.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Арзамасов, Б. Н., Макарова, В. И., Мухин, Г. Г.; Материаловедение : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. и специальностям в обл. техники и технологии.; Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва; 2005 (74 экз.)
2. Золоторевский, В. С.; Механические свойства металлов : Учебник для вузов.; МИСИС, Москва; 1998 (11 экз.)
3. Гольдштейн, М. И., Бронфин, Б. М., Литвинов, В. С.; Металлофизика высокопрочных сплавов : Учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1986 (34 экз.)
4. Грачев, С. В.; Цветные металлы и сплавы : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 150400-Металлургия.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013 (10 экз.)
5. Бараз, В. Р., Березовская, В. В.; Назначение и выбор металлических материалов : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 150100 - Материаловедение и технология материалов и 150400 - Metallургия.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2016 (10 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Механические свойства металлов и сплавов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|---|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Лабораторные занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в | Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет | |
|--|--|---|--|

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика металлов и физические свойства
металлов и сплавов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-----------------------------|--|------------------|--|
| 1 | Жиляков Аркадий Юрьевич | кандидат технических наук, без ученого звания | Доцент | Кафедра термообработки и физики металлов |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Жиляков Аркадий Юрьевич, Доцент, термообработки и физики металлов**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|---|
| P1 | Строение атома. Элементы квантовой механики. | Введение. Строение атома. Модель Бора. Длина волны де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Частица в одномерной потенциальной яме. Строение атома водорода. Квантовые числа. Строение многоэлектронного атома. |
| P2 | Виды межатомной связи в сплавах. | Природа сил межатомного взаимодействия. Типы связей. Ионная связь. Структура и свойства ионных кристаллов. Ковалентная связь. Связь в молекуле водорода. Металлическая связь, ее особенности. Межатомное взаимодействие в кристаллах переходных металлов. Свойства металлических кристаллов. Современная модель металла. |
| P3 | Колебания кристаллической решетки. | Одномерная кристаллическая решетка. Одномерная кристаллическая решетка с базисом. Закон дисперсии. Колебания в конечной цепочке одинаковых атомов. Колебания в конечной цепочке одинаковых атомов. Фононы. |
| P4 | Основы электронной теории металлов. | Квантовая теория свободных электронов. Поверхность Ферми. Распределение свободных электронов по состоянию. Квантовая статистика Ферми-Дирака. Уравнение Шредингера для кристалла. Теорема Блоха. Фазовое пространство. Пространство импульсов. Зоны Бриллюэна. Зонная теория |

| | | |
|-----------|-------------------------------------|--|
| | | твердых тел. Приближение слабой связи. Приближение сильной связи. |
| P5 | Диффузия в металлах и сплавах. | Законы Фика. Основные виды диффузии. Коэффициенты диффузии. Закон Аррениуса. Параболический закон. Диффузия из бесконечно тонкого слоя. Диффузия из слоя конечной толщины. Диффузия из полубесконечного пространства. Диффузия при переменном значении коэффициента диффузии. Движущая сила диффузионного процесса. Механизмы диффузии в кристаллах. |
| P6 | Тепловые свойства металлов. | Температура, теплоемкость, теплосодержание. Квантовая теория теплоемкости Дебая. Основные составляющие теплоемкости металла. Теплоемкость сплавов. Методы определения тепловых свойств. Простой и дифференциальный термический анализ. Калориметрический анализ определение тепловых эффектов фазовых превращений, накопленной энергии деформации. Изменение тепловых свойств при фазовых и структурных превращениях. Решение задач материаловедения методом термического и калориметрического анализа. Теплопроводность металлов и сплавов. Электронная и решеточная составляющие теплопроводности. Методы измерения теплопроводности. |
| P7 | Плотность и термическое расширение. | Ангармонизм колебаний и тепловое расширение. Дилатометрический анализ и его применение в материаловедении. Особенности расширения ферромагнитных сплавов. Сплавы с заданным коэффициентом термического расширения. Плотность и применение методов ее измерения в материаловедении. |
| P8 | Электрические свойства. | Терминология электрических свойств. Электропроводность чистых металлов, его зависимость от температуры. Рассеяние электронов на дефектах как источник сопротивления. Электрические свойства твердых растворов, различных фаз и гетерогенных сплавов. Методы измерения электросопротивления: мостовой, потенциометрический, индуктивный. Применение электрического анализа для исследования фазовых равновесий и превращений в сплавах. Сплавы для проводников и элементов сопротивления. Термоэлектрические эффекты. Использование метода термоЭДС в материаловедении. Металлы и сплавы для термопар. |
| P9 | Магнитные свойства. | Классификация магнетиков. Магнитный момент атома. Физическая природа диамагнетизма и парамагнетизма. Изменение магнитной восприимчивости при полиморфных |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>превращениях, деформации. Диа- и парамагнитные свойства металлических фаз и гетерогенных сплавов и методы их измерения.</p> <p>Ферромагнетизм. Кривая намагничивания и петля гистерезиса. Природа ферромагнетизма. Изменение свойств ферромагнетиков с температурой, точка Кюри. Энергия ферромагнитного состояния. Доменная структура. Процесс намагничивания ферромагнетиков. Теория коэрцитивной силы.</p> <p>Ферромагнитные свойства металлов, фаз и гетерогенных сплавов. Применение магнитного анализа для изучения фазовых равновесий и превращений. Магнитные материалы.</p> |
|--|--|---|

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---|---|--|--|
| Профессиональное воспитание | <p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p> <p>целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях</p> | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-8 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области материалов и процессов обработки металлов давлением | <p>Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности и при выполнении практических и лабораторных работ, моделировании процессов обработки металлов давлением</p> <p>Д-2 - Демонстрировать высокий уровень самостоятельности и при работе с научно-технической литературой</p> <p>Д-3 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | ПК-10 - Способен анализировать, подготавливать, моделировать и проводить эксперименты на оборудовании с использованием необходимых методик и обрабатывать их результаты | Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельность и при выполнении практических и лабораторных работ Д-2 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление |
|--|--|--|---|--|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика металлов и физические свойства металлов и сплавов

Электронные ресурсы (издания)

1. Гуртов, В. А.; Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие.; Техносфера, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466> (Электронное издание)
2. ; Физические свойства материалов : учебное пособие.; ФЛИНТА, Москва; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461082> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Лившиц, Б. Г., Крапошин, В. С., Линецкий, Я. Л.; Физические свойства металлов и сплавов : Учебник для металлург. специальностей вузов.; Металлургия, Москва; 1980 (56 экз.)
2. Уманский, Я. С., Скаков, Ю. А.; Физика металлов : Атомное строение металлов и сплавов : Учебник для вузов.; Атомиздат, Москва; 1978 (30 экз.)
3. Ливанов, Д. В.; Физика металлов : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металловедение и терм. обраб. металлов" и по направлению подгот. "Металлургия"; МИСиС, Москва; 2006 (1 экз.)
4. Епифанов, Г. И.; Физика твердого тела : учеб. пособие.; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2011 (16 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика металлов и физические свойства металлов и сплавов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|----------------------------------|---|---|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Лабораторные занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 5 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы контроля и анализа веществ

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № п/п | Фамилия Имя Отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-------------------------------|---|------------------|-----------------------------------|
| 1 | Охохонин Андрей Викторович | кандидат химических наук, без ученого звания | Доцент | Кафедра аналитической химии |
| 2 | Сараева Светлана Юрьевна | кандидат химических наук, доцент | доцент | аналитической химии |

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание |
|-------------------|--|---|
| 1 | Введение | Аналитическая химия как наука, её содержание, специфика и цели. Анализ как основная процедура получения аналитической информации. |
| 1.1 | Классификация методов анализа | Качественный и количественный анализ. Характеристики методов анализа. Химические, физико-химические и физические методы анализа. Методы гравиметрии и титриметрии. Электрохимические, оптические и спектральные методы анализа. Этапы анализа. Аналитические сигналы методов. |
| 1.2 | Метрологические основы химического анализа | Оценка результата анализа. Понятия о погрешности измерений, действительном и истинном определяемом содержании. Случайные, систематические погрешности, промахи. Стандартные образцы. Показатели качества анализа (сходимость, воспроизводимость, правильность, точность). |
| 2 | Методы титриметрии | Основные понятия титриметрии. Точка эквивалентности, конечная точка титрования. Кривая титрования. Первичные и вторичные стандартные растворы. Способы титрования. Классификация методов титриметрии по характеру используемой реакции. Вычисление результатов в различных способах титрования. Закон эквивалентов. |
| 2.1 | Кислотно-основное титрование | Расчёт pH кислотно-основных и буферных систем. Титранты и индикаторы в кислотно-основном титровании. Фактор эквивалентности для веществ в кислотно-основных реакциях. |

| | | |
|-----|---|--|
| 2.2 | Окислительно-восстановительное титрование | Уравнение Нернста для вычисления потенциала О-В системы в ходе титрования. Кривые О-В титрования. О-В индикаторы и их выбор. Расчёт результатов О-В титрования. Классификация методов О-В титрования по применяемому титранту и их краткая характеристика. Фактор эквивалентности для веществ, участвующих в ОВР. |
| 2.3 | Комплексометрическое титрование | Важнейшие комплексоны в аналитической химии. Равновесия динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) в растворе. Влияние рН среды. Константы устойчивости комплексонов. Стандартизация раствора ЭДТА. Металлоиндикаторы. Кривая комплексометрического титрования и расчет результатов анализа. |
| 3 | Электрохимические методы анализа | Основы электрохимических методов анализа. Основные термины и понятия. Измеряемые величины и аналитические сигналы. Электрохимические ячейки и электроды. Классификация электродов. |
| 3.1 | Потенциометрия | Электродный потенциал, его связь с активностью потенциалопределяющих ионов (уравнение Нернста). Электроды в потенциометрии. Прямая потенциометрия (ионометрия). Потенциометрическое титрование. Интегральные и дифференциальные кривые титрования. |
| 3.2 | Кулонометрия | Законы Фарадея. Прямая кулонометрия при контролируемом потенциале (токе). Кулонометрическое титрование. Внешняя и внутренняя генерация титранта. Способы регистрации точки эквивалентности. Определение количества электричества, затраченного в ходе титрования. Расчет результатов анализа. |
| 3.3 | Методы вольтамперометрии | Электрохимические основы методов полярографии, классической и инверсионной вольтамперометрии, амперометрического титрования. Полярограмма, диффузионный ток, потенциал полуволны. Вольтамперограмма. Уравнение Ильковича и Гейровского - Ильковича. Электроды в разных ВА методах. Амперометрический метод регистрации точки эквивалентности с использованием одного или двух поляризованных электродов. Формы кривых амперометрического титрования. |
| 4 | Спектральные методы анализа | Природа электромагнитного излучения. Процессы, происходящие в частицах при поглощении и испускании излучения. |
| 4.1 | Молекулярно-абсорбционная спектроскопия (МАС) | Сущность методов МАС. Природа поглощения электромагнитного излучения молекулами. Основной закон светопоглощения. Величины, характеризующие светопоглощающую систему. Фотоэлектроколориметры и спектрофотометры, принципиальное устройство и аналитические возможности. Устройства для монохроматизации света. Стадии МАС-анализа. |
| 4.2 | Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) | Природа спектров поглощения атомов. Закономерности атомного поглощения света. Принципиальная схема и основные узлы атомно-абсорбционного спектрофотометра. Источники излучения (лампы с полым катодом, |

| | | |
|-----|--|--|
| | | высокочастотные газоразрядные лампы). Пламенные и электротермические атомизаторы. Регистрация аналитического сигнала. |
| 4.3 | Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) | Природа линейчатых эмиссионных спектров. Источники возбуждения эмиссионных спектров (пламя, электрическая дуга и искра, высокочастотная индукционная плазма). Приёмы введения проб в источники возбуждения. Фотографический спектральный анализ. Почернение линий. Характеристическая кривая фотопластины. Элемент сравнения. Аналитические линии. Гомологическая пара линий. Принципиальная схема спектрографа. Метод трех эталонов |

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения |
|---|---------------------------------|--|---|--|
| Профессиональное воспитание | профориентационная деятельность | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности | ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества | Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде |
| | | | ПК-8 - Способен выполнять отдельные этапы научно-исследовательских и экспериментальных работ в области материалов и процессов обработки металлов давлением | Д-1 - Демонстрировать высокий уровень ответственности и самостоятельности при выполнении практических и лабораторных работ, моделировании процессов обработки металлов давлением |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы контроля и анализа веществ

Электронные ресурсы (издания)

1. Нечипоренко, А. П., Кириллов, В. В.; Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Электрохимические методы. Потенциометрия и кондуктометрия : учебно-методическое пособие.; Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий, Санкт-Петербург; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/65344.html> (Электронное издание)
2. Сараева, С. Ю.; Инструментальные методы анализа: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/68242.html> (Электронное издание)
3. Мовчан, Н. И.; Количественный химический анализ. Титриметрия : учебно-методическое пособие.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/109548.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Васильев, В. П.; Аналитическая химия : учебник для студентов вузов, обучающихся по химико-технол. специальностям. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа; Дрофа, Москва; 2004 (40 экз.)
2. Васильев, В. П.; Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа; Дрофа, Москва; 2002 (136 экз.)
3. Кристиан, Г., Гармаш, А. В., Колычева, Н. В., Прохорова, Г. В., Золотов, Ю. А.; Т. 1 : [учебник] : в 2 томах.; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2013 (50 экз.)
4. Кристиан, Г., Гармаш, А. В., Григорьева, Е. Э., Иванова, А. В., Мосолова, Т. П., Прохорова, Г. В.; Т.2 : [учебник] : в 2 томах.; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2013 (50 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

eLibrary - ООО Научная электронная библиотека

Платформа Nature - Springer Nature - полнотекстовая БД по химии и др. наукам

Химические и физико-химические методы анализа. Сборник задач [учеб. пособие] / В. И. Кочеров, С. Ю. Сараева, И. С. Алямовская [и др.] ; под общей редакцией С. Ю. Сараевой. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 208 с. ISBN: 978-5-7996-1860-5. <https://elar.urfu.ru/handle/10995/43904>

Химические и инструментальные методы анализа. [учеб. пособие] / [С. Ю. Сараева, А. И. Иванова и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2021. – 216 с. ISBN: 978-5-7996-3211-3. <https://elar.urfu.ru/handle/10995/100369>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы контроля и анализа веществ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-------|---|--|--|
| 1 | Лекции | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет Google Chrome, Яндекс | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2 | Лабораторные занятия | Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 3 | Консультации | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет Google Chrome, Яндекс | Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |

