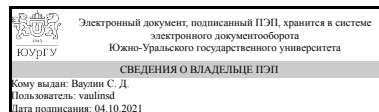


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



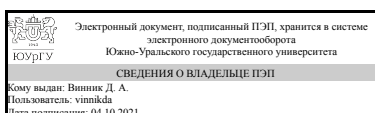
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины П.1.В.07.02 Современные проблемы металловедения черных, цветных и благородных металлов**  
**для направления 22.06.01 Технологии материалов**  
**уровень аспирант тип программы**  
**направленность программы**  
**форма обучения очная**  
**кафедра-разработчик** Материаловедение и физико-химия материалов

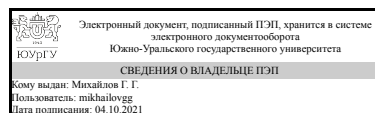
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов, утверждённым приказом Минобрнауки от 29.07.2014 № 888

Зав.кафедрой разработчика,  
Д.ХИМ.Н., доц.



Д. А. Винник

Разработчик программы,  
д.техн.н., проф., профессор



Г. Г. Михайлов

## 1. Цели и задачи дисциплины

• Целью преподавания данной дисциплины является ознакомление студентов с новыми, важными для теоретического понимания и последующего развития различных аспектов металлургии и металловедения, таких как дефекты кристаллического строения и их роль в различных процессах, вопросы физики прочности, формирование наноструктур, фазовые превращения в металлах и сплавах, их кинетика, с-образная диаграмма превращения, аморфные сплавы, проблемы водорода в сталях, диффузия, концепция локального равновесия и её применение для описания диффузионного образования фаз, в том числе, при реакциях восстановления оксидных фаз железа и особенности контролируемой прокатки. • приобретение навыков использования изучаемых методов анализа для решения практических вопросов и задач. Основные задачи дисциплины: • ознакомить студентов с новыми теоретическими методами ,перспективными для развития металлургических дисциплин; • показать возможность теоретического объяснения и описания практических эффектов на основе методов, развиваемых в соседних областях металлургии или других наук.

## Краткое содержание дисциплины

1.Современные проблемы полиморфных и фазовых превращений в металлах и сплавах: термодинамика, кинетика, структура. 2.Пути повышения прочности металлов и сплавов на их основе. 3.Перспективные конструкционные материалы. 4. Материалы со специальными свойствами, аморфные и наноматериалы 5. Технологии получения высокопрочных материалов, материалов со специальными свойствами и других перспективных металлических материалов

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-2.3 умением создавать новые металлические материалы с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их стабильности	Знать:- физические, механические и эксплуатационные свойства материалов; - работоспособность материалов в различных условиях их эксплуатации;
	Уметь:- прогнозировать работоспособность материалов в различных условиях их эксплуатации; - разрабатывать предложения по созданию новых металлических материалов с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их стабильности.
	Владеть:- способностью прогнозировать работоспособность новых материалов в различных условиях их эксплуатации.
ОПК-10 способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов	Знать:методы и оборудование для экспериментального определения свойств современных материалов.
	Уметь:выбирать методы испытаний и проводить

	<p>испытания физических, механических и эксплуатационных свойств материалов.</p> <p>Владеть: навыками выбора методик, приборов, датчиков и оборудования для проведения экспериментов по определению свойств материалов, регистрации и анализа их результатов</p>
ПК-2.1 знанием связи между химическим и фазовым составом, кристаллической структурой и свойствами металлов и сплавов	<p>Знать: - зависимости фазового состава структуры и свойств металлов и сплавов от их химического состава; - влияние легирования на свойства сплавов; - основные закономерности фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах различного химического состава.</p>
	<p>Уметь: анализировать основные закономерности фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах их зависимости от состава сплавов.</p>
	<p>Владеть: навыками анализа и предсказания основных закономерностей фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах</p>
ПК-2.2 знанием физико-химических основ создания новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки	<p>Знать: - физико-химические основы получения новых металлических материалов с заданными свойствами; - физико-химические основы новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки.</p>
	<p>Уметь: проводить физико-химический анализ технологических процессов получения новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки</p>
	<p>Владеть: способностью проводить анализ технологических процессов получения новых материалов.</p>

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
П.1.В.06.02 Современное состояние производства черных, цветных и редких металлов	<p>Производственная (по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) практика (6 семестр),</p> <p>Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук (6 семестр)</p>

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
П.1.В.06.02 Современное состояние производства черных, цветных и редких металлов	Знать основы технологии черных и цветных металлов. Уметь выбирать технологии, обеспечивающие требуемое качество металла. Владеть навыками выбора и расчета технологических процессов

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	38	38	
Лекции (Л)	38	38	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	70	70	
Выполнение домашних контрольных заданий	40	40	
Подготовка к экзамену	30	30	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Механизмы и пути повышения прочности металлов и сплавов на их основе.	18	18	0	0
2	Перспективные конструкционные материалы	4	4	0	0
3	Материалы со специальными свойствами	4	4	0	0
4	Аморфные материалы	4	4	0	0
5	Объемные наноматериалы	4	4	0	0
6	Модифицированные поверхностные слои и покрытия	4	4	0	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Современные требования к материалам. Полиморфизм металлов; термодинамика, кинетика, зарождение, рост, уравнение Мирки- Колмогорова, С-образная диаграмма превращения.	2
2	1	Проблемы водорода в сталях: закон Сиверса растворимости водорода, растворимость в фазах железа, природа высокой растворимости водорода в расплаве, выделение водорода при охлаждении, флокены, противфлокенная	2

		обработка, процессы захвата водорода дефектами, границами, в т.ч. межфазными границами, влияние растворённых элементов на растворимость, особенность добавок палладия.	
3	1	Точечные дефекты в решётке: места расположения, механизмы и энергии образования, равновесные концентрации, миграция дефектов, частота перескоков. сверхравновесные дефекты, механизмы образования. Дислокации: винтовая, краевая и смешанная. Закономерности и кристаллография скольжения. Напряжение скольжения в идеальном и содержащем дислокации кристалле. Поля напряжения и упругая энергия дислокаций. Механизм Франка-Рида размножения дислокаций. Пластическая деформация как движение, остановка и образование новых дислокаций. Роль дислокаций в процессах возврата, полигонизации и рекристаллизации	2
4	1	Уравнения диффузии, выражения для коэффициентов диффузии в растворах внедрения и замещения, термодинамика диффузии, отрицательный знак коэффициента диффузии в расслаивающихся растворах.	2
5	1	Хрупкое и вязкое разрушение, виды изломов, теория разрушения хрупких тел по Гриффитсу, вязких - по Оровану, современная теория разрушения по Ирвину, измерения и температурная зависимость критического коэффициента интенсивности напряжения. Изломы сталей при разрушении.	2
6	1	Механизмы упрочнения металлов и сплавов: деформационный, зернограницный, твёрдорастворный, дисперсионный, Принципы создания высокопрочных сталей и сплавов. Практическая реализация механизмов повышения прочности металлических сплавов с позиций дислокационной теории – реализация теоретической прочности в бездефектных кристаллах и получение материалов с предельной плотностью дефектов кристаллического строения.	2
7	1	Понятия о статической и динамической рекристаллизации, принципы контролируемой прокатки, их использование при производстве газо- и нефтепроводных труб.	2
8	1	Концепция локального равновесия К.Зинера для сплавов, содержащих фазы, нестабильные при данных температурах или давлениях, и ее применение для расчётов диффузионного роста новой фазы и растворения старой. Важнейшие примеры.	2
9	1	Современные технологии производства высокопрочных и хладостойких сталей массового производства путем обеспечения оптимальной микроструктуры проката Развитие технологических процессов производства чистых металлических материалов. Современные достижения и тенденции разработки высокопрочных сталей и сплавов, их виды. Особенности деформации сверхпрочных материалов. Гидроэкструзия. Явление сверхпластичности и ее использование при технологических методах обработки металлов давлением.	2
10	2	Новые конструкционные стали в транспортном машиностроении. Современные стали для производства труб.	2
11	2	Перспективные материалы в судостроении, для авиа- и космической техники.	2
12	3	Материалы для службы при высоких температурах (авиация, космическая техника, энергетика). Требования к жаропрочным и жаростойким сплавам и достижения в области технологий их получения. Суперсплавы. Повышение стабильности и уровня физико-механических и служебных свойств для рабочих температур 1100-1600 градусов Цельсия за счет современных технологических процессов. Создание монокристаллических сплавов, материалов, полученных направленной кристаллизацией и методом гранульной металлургии. Разработка новых интерметаллических сплавов с упорядоченной структурой на основе Ni <sub>3</sub> Al(Fe) и Ni <sub>3</sub> Al(Co), TiAl, Ti <sub>3</sub> Al, а также тугоплавких металлов с жаростойкими покрытиями.	2

13	3	Материалы с особыми электромагнитными свойствами. Разработка новых специальных парамагнитных и антиферромагнитных сплавов с заданными физико-механическими свойствами (сталей со сверх- равновесной концентрацией азота, безхромистых аустенитных сталей). Получение материалов для постоянных магнитов методами сверхбыстрой закалки, горячего прессования, направленного легирования, плазменного напыления т.д. Магнитомягкие сплавы со смешанной аморфно-кристаллической структурой, высокопрочные и высокопластичные сплавы со специальными физическими и служебными характеристиками. Материалы с особыми механическими свойствами. Проблемы создания и применения сплавов с памятью формы и высокого демпфирования. Особенности деформации сверхпрочных материалов. Гидроэкструзия. Использование явления сверхпластичности при технологических операциях ОМД. Методы получения ультрамелкого зерна. Синтез неравновесных фаз при деформации (эффект механического легирования). Композиционные и порошковые материалы.	2
14	4	Понятие аморфного состояния твердого тела. Получение аморфных материалов. Создание эффективных технологий получения аморфных материалов методом сверхбыстрого охлаждения, в том числе с применением высокоэнергетических способов воздействия (лазерного, плазменного).	2
15	4	Механические и специальные свойства аморфных материалов. Области и перспективы их применения.	2
16	5	Понятие и классификация наноматериалов. Виды современных наноматериалов. Объемные наноматериалы. Наноструктурные конструкционные и функциональные материалы.	2
17	5	Современные тенденции в развитии методов интенсивной пластической деформации (ИПД). Механические свойства наноструктур, сверхпластичность. Повышение механических свойств наноматериалов, полученных методом ИПД.	2
18	6	Интенсивная пластическая деформация трением (ИПДТ) сталей. Нанокристаллическая структура. Накопление пластической деформации и повреждаемость поверхностных слоев. Упрочнение поверхности при ИПДТ. Изменение химического состава поверхностных слоев. Влияние ИПДТ на механические свойства и разрушение сталей. Комбинированная деформационно-термическая обработка. Перспективы использования ИПДТ в инновационных технологиях.	2
19	6	Ионная имплантация. Лазерное легирование. Цели создания покрытий и тонких пленок на поверхности материала и методы получения покрытий.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Выполнение домашних контрольных заданий.	Список рекомендуемой литературы приведен в разделе 8 РПД. Разделы и	40

	страницы зависят от темы задания	
Подготовка к экзамену	Список рекомендуемой литературы приведен в разделе 8 РПД	30

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Интерактивная форма обучения	Лекции	Проведение дискуссий и обсуждение примеров из практики	16

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: В рамках данной дисциплины используются результаты научных исследований преподавателя

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-2.2 знанием физико-химических основ создания новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки	Проверка домашнего контрольного задания	1
Все разделы	ПК-2.3 умением создавать новые металлические материалы с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их стабильности	Проверка домашнего контрольного задания	1
Все разделы	ПК-2.1 знанием связи между химическим и фазовым составом, кристаллической структурой и свойствами металлов и сплавов	промежуточная аттестация (экзамен)	2
Все разделы	ПК-2.2 знанием физико-химических основ создания новых металлических материалов с заданными свойствами и новых технологических процессов термической, химикотермической и термомеханической обработки	промежуточная аттестация (экзамен)	2
Все разделы	ПК-2.3 умением создавать новые металлические материалы с заданным уровнем физических, механических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, с высоким уровнем их	промежуточная аттестация (экзамен)	2

	стабильности		
Все разделы	ОПК-10 способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов	промежуточная аттестация (экзамен)	2

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Проверка домашнего контрольного задания	Аспирант выполняет домашнее контрольное задание, состоящее из двух частей - реферата по теоретической части и практической части - расчета. Выполненное задание аспирант сдает преподавателю на проверку. При наличии недочетов преподаватель возвращает работу для исправления. Выполнение задания является условием допуска студента к экзамену.	Зачтено: Домашнее контрольное задание выполнено правильно Не зачтено: Домашнее контрольное задание выполнено неправильно или не выполнено совсем.
	Устный ответ на вопросы билета; в билете 5 вопросов, время на подготовку ответов 1 час. Преподаватель может задать уточняющие вопросы. Каждый ответ оценивается от 0 баллов (абсолютно неверный ответ или отсутствие ответа) до 3 баллов (верный ответ без замечаний). Максимально возможное количество баллов за все ответы - 15.	Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %

## 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Проверка домашнего контрольного задания	<p>Задание 1</p> <p>Примерные темы домашнего контрольного задания</p> <p>а) примерные темы рефератов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные причины повышения теплостойкости закаленных сталей при фрикционной обработке и технология такой обработки.</li> <li>2. Оптимизация режимов комбинированных деформационно-термических обработок.</li> <li>3. Влияние углерода и азота на межатомное взаимодействие в твердых растворах на основе железа.</li> <li>4. Влияние углерода и азота на распределение атомов легирующих элементов в твердых растворах на основе железа.</li> <li>5. Азотистые аустенитные стали.</li> <li>6. Азотистые мартенситные стали.</li> <li>7. Модели аморфного состояния.</li> <li>8. Нанотехника и нанотехнологии.</li> <li>9. Технологии производства крупных слитков (140-650 тонн) из конструкционных высокопрочных сталей и сплавов</li> <li>10. Пористые материалы и возможности их применения в промышленности.</li> <li>11. Высокопрочные композиты с наночастицами оксида алюминия и</li> </ol>



	<p>алюминиевые сплавы</p> <p>12. Виды интенсивной пластической деформации с формированием ультрамелкозернистой структуры с размером зерен ~ 10 - 100 нм.</p> <p>13. Равноканальное угловое прессование – технологии и результаты</p> <p>14. Многоцикловая прокатка для изготовления многослойного ленточного наноструктурного композита</p> <p>б) примерные темы практических заданий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет Т-Р диаграмм равновесия металлов.</li> <li>2. Расчет работы образования критического зародыша.</li> <li>3. Расчет скоростей зарождения и роста, а также кинетики превращения при нескольких температурах.</li> <li>4. Расчет кинетической диаграммы кристаллизации и полиморфного превращения</li> <li>5. Расчёты растворимости водорода в расплавленном железе для различных вариантов поступления водорода.</li> <li>6. Расчёты растворимости водорода в кристаллических фазах при изменении температуры и внешнего давления водорода.</li> <li>7. Расчёты длительности диффузионного удаления водорода в ходе низкотемпературного отжига.</li> <li>8. Расчет скоростей диффузии элементов в металле</li> <li>9. Расчёт диффузионного роста новой фазы и растворения старой</li> </ol>
	<p>Задание 2.</p> <p>Примерные вопросы экзамена.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оптимизация режимов комбинированных деформационно-термических обработок?</li> <li>2. Различие во влиянии углерода и азота на межатомное взаимодействие в твердых растворах на основе железа?</li> <li>3. Влияние углерода и азота на распределение атомов легирующих элементов в твердых растворах на основе железа?</li> <li>4. Чем вызвано повышение концентрации термодинамически равновесных вакансий при растворении элементов внедрения в металлах.</li> <li>5. Природа высокой вязкости азотистых аустенитных сталей.</li> <li>6.. Как можно определить аморфное состояние вещества? Способы получения аморфных материалов.</li> <li>7. Модели аморфного состояния металлов и сплавов.</li> <li>8. Области применения аморфных сплавов.</li> <li>9. Роль размеров и размерности наноструктур в формировании их свойств?</li> <li>10. Основные способы производства объемных наноматериалов.</li> <li>11. Регулируемая прокатка. Её влияние на прочность стали.</li> </ol>

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Окишев, К. Ю. Специальные стали [Текст] учеб. пособие для направлений "Металлургия" и "Материаловедение" К. Ю. Окишев, Д. А. Мирзаев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. материаловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 35, [1] с. ил.

2. Мирзаев, Д. А. Основы теории дефектов, прочности и пластичности кристаллов [Текст] учеб. пособие по направлениям "Физика", "Приклад. механика", "Металлургия" и "Материаловедение" Д. А. Мирзаев, К. Ю. Окишев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 335, [1] с. ил. электрон. версия

3. Окишев, К. Ю. Кристаллохимия и дефекты кристаллического строения [Текст] учеб. пособие К. Ю. Окишев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 96, [1] с. электронная версия

*б) дополнительная литература:*

1. Мирзаев, Д. А. Физические основы прочности Ч. 1 Учеб. пособие Д. А. Мирзаев; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 141,[1] с. ил.

2. Мирзаев, Д. А. Физические основы прочности Ч. 2 Учеб. пособие Д. А. Мирзаев, К. Ю. Окишев; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. металловедение и физика твердого тела; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 131, [1] с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Металловедение и термическая обработка металлов
2. Известия АН РФ.Металлы.
3. Известия высшей школы.Черная металлургия.
4. Электрометаллургия
5. Сталь
6. Чёрные металлы
7. Физика металлов и металловедение

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2015 года (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 29 мая 2007 г. N 177)
2. Региональная экономика. Под ред. Морозова Т.Г./ М., Юнити, 2002 г.
3. Вайтюк Н. Проблемы мировой металлургии // Национальная металлургия, 2005. 32 с.
4. Цветная металлургия мира: территориальное размещение // Минеральные ресурсы России, 2007. 42 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

5. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2015 года (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 29 мая 2007 г. N 177)

6. Региональная экономика. Под ред. Морозова Т.Г./ М., Юнити, 2002 г.
7. Вайтюк Н. Проблемы мировой металлургии // Национальная металлургия, 2005. 32 с.
8. Цветная металлургия мира: территориальное размещение // Минеральные ресурсы России, 2007. 42 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Каллистер, У. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамики, полимеры) : учебник / У. Каллистер, Д. Ретвич ; под редакцией А. Я. Малкина ; перевод с английского А. Я. Малкина. — Санкт-Петербург : НОТ, 2011. — 896 с. — ISBN 978-5-91703-022-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4290">https://e.lanbook.com/book/4290</a>	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения : учебное пособие / Г. Готтштайн ; перевод с английского К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина ; под ред. В. П. Зломанова ; художники С. Инфантэ, Н. А. Новак. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 403 с. — ISBN 978-5-93208-565-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/176455">https://e.lanbook.com/book/176455</a>	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий

Самостоятельная работа студента	202 (3г)	ресурсы библиотеки, оборудование для доступа к электронным ресурсам, копировальное оборудование
Лекции	408 (1)	стенды
Практические занятия и семинары	408 (1)	стенды