

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании Ученого
совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ,
протокол №25.8 от 25.08.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Фазовые равновесия и структурообразование

название дисциплины

для направления подготовки

22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов

код и название [специальности/направления подготовки]

образовательная программа

«Плазменные и лазерные технологии материалов»

Форма обучения: очная

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – освоение закономерностей атомно-кристаллического строения материалов, дефектов кристаллической решетки, основных фаз и закономерностей формирования и эволюции микроструктуры металлов и сплавов при фазовых превращениях.

Задачи дисциплины – получение навыков анализа фазовых и структурных превращений и условий формирования физико-механических свойств материалов при различных видах воздействия; получение навыков приготовления металлографических шлифов и их исследования под микроскопом, статистического анализа микроструктуры, а также измерения твердости и проведения основных видов термической обработки; получение знаний о маркировке материалов, сплавов, сталей, чугунов и других изученных материалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математический анализ, дифференциальные и интегральные уравнения, теория вероятностей и математическая статистика, общая физика (механика), общая физика (молекулярная физика и основы статистической термодинамики, общая физика (электричество и магнетизм), общая физика (волны, оптика и атомная физика), химия).

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Механика материалов; Материаловедение и технологии материалов фотоники; Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика; Производственная практика: научно-исследовательская работа; Производственная практика: исследовательская работа, преддипломная практика.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5-6 семестрах.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП бакалавриата, обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, общеинженерные и естественнонаучные знания	З-ОПК-1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы У-ОПК-1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; В-ОПК-1 владеть навыками моделирования, математического анализа, а также решать задачи в области естественнонаучных и общеинженерных знаний.
ОПК-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	З-ОПК-2 знать основные принципы проектирования технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений У-ОПК-2 уметь проектировать технические объекты, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений В-ОПК-2 владеть навыками проектирования технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
ОПК-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	З-ОПК-3 знать основы управления и проектного менеджмента в области профессиональной деятельности; У-ОПК-3 уметь содействовать в организации и управлении профессиональной деятельностью; В-ОПК-3 владеть навыками управления профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента

ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	З-ОПК-4 знать основные методы проведения экспериментальных исследований, контроля и диагностики; У-ОПК-4 уметь пользоваться современными средствами измерения, контроля и обработки экспериментальных данных; В-ОПК-4 владеть навыками выбора методик и оборудования для проведения экспериментальных исследований и измерений, а также обработки и представления полученных экспериментальных данных.
ПК-2	Способен использовать на практике современные представления о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	З-ПК-2 знать основные представления о структуре материалов и влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; У-ПК-2 уметь анализировать влияние структуры материалов на их свойства, а также ее эволюцию при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; В-ПК-2 владеть навыками анализа эволюции структурно-фазового состояния материалов при взаимодействии с окружающей средой, и излучениями и влияния этой эволюции на свойства материалов.
ПК-3	способен работать на научно-исследовательском и технологическом оборудовании в соответствии с правилами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда	З-ПК-3 знать правила техники безопасности, пожарной безопасности и норм охраны труда; У-ПК-3 уметь использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда; В-ПК-3 владеть навыками работы на современном аналитическом и технологическом оборудовании.
ПК-4	Способен использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях в области материаловедения	З-ПК-4 знать основные и новые технологические процессы и операции в области материаловедения; У-ПК-4 уметь использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях в области материаловедения В-ПК-4 владеть навыками использования на производстве традиционных и новых технологических процессов и операций.

ПК-1	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	З-ПК-1 знать основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; У-ПК-1 уметь использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; В-ПК-1 владеть навыками исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.
УКЦ-1	Способен в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей	З-УКЦ-1 Знать: современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также основные приемы и нормы социального взаимодействия и технологии межличностной и групповой коммуникации с использованием дистанционных технологий У-УКЦ-1 Уметь: выбирать современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе и применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды с использованием дистанционных технологий В-УКЦ-1 Владеть: навыками применения современных информационных технологий и цифровых средств коммуникации, в том числе отечественного производства, а также методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде с использованием дистанционных технологий

УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	<p>3-УКЕ-1 Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-УКЕ-1 Уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи</p> <p>В-УКЕ-1 Владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами</p>
-------	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	<p>Создание условий, обеспечивающих:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением различного вида; - формирование культуры безопасности при работе с высокомоощными экспериментальными и промышленными установками. 	<p>Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования культуры безопасности лазерного излучения посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с лазерным оборудованием; - формирования культуры безопасности при работе на высокомоощных экспериментальных и промышленных установках, которые имеют повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

1. Организация научно-практических конференций, встреч с выдающимися учеными и ведущими представителями отраслей в области лазерных и плазменных технологий, круглых столов, и прикладной математики.
2. Участие в студенческих олимпиадах и студенческих конкурсах, конкурсах профессионального мастерства, студенческих научных обществах и объединениях, а также летних школах.
3. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых международных журналах.
4. Проведение научного семинара студентов и аспирантов отделения лазерных и плазменных технологий.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам:		
	№ 5	№ 6	Всего
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия (всего)	116	44	160
В том числе:			
<i>лекции</i>	32	32	64
<i>практические занятия</i>	32	32	64
<i>лабораторные занятия</i>	16	16	32
Промежуточная аттестация			
В том числе:			
<i>Зачет</i>	18		18
<i>экзамен</i>		36	36
Самостоятельная работа обучающихся	118	28	146
Всего (часы):	216	144	360
Всего (зачетные единицы):	6	4	10

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-16						
1	1. Введение	2	2			1
2-3	2. Связь и структура	4	4			26

	кристаллов.					
4-6	3. Дефекты кристаллического строения.	6	6	4		27
7-10	4. Кристаллизация, диаграммы равновесия и микроструктура сплавов.	8	8	4		22
11-13	5. Фазы и фазовые переходы в двухкомпонентных системах.	6	6	4		22
14-16	6. Пластическая деформация.	6	6	4		20
	Итого за 5 семестр:	32	32	16		118
1-16						
1-5	7. Железо и фазы системы железо-углерод	10	10	10		7
6-10	8. Диаграммы тройных систем.	10	10			7
11-14	9. Легированные стали.	8	8	6		7
15-16	10. Цветные металлы.	4	4			7
	Итого за 6 семестр:	32	32	16		28
	Всего:	64	64	32		146

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	1. Название раздела 1	
	Введение.	Задачи материаловедения, цели. Золотое сечение, булатная сталь, квантовые ямы, фотонные кристаллы, де-бройлевская длина волны электрона (Cu, Si) – наноструктуры
	Связь и структура кристаллов.	Периодическая система, электронное строение. Ионная, ковалентная, металлическая связи в материалах – свойства: электрические, магнитные, прочностные, теплопроводящие. Структура материалов с ионной, ковалентной и металлической связями. Координационное число, ионный радиус, энергия образования решетки, энергия Маделунга. Элементы симметрии: операции симметрии, точечные и пространственные группы. Типы сингоний. Обозначения кристаллографических осей и плоскостей. Группа трансляций. Примитивная ячейка. Решетки Бравэ. Кристаллические классы. Обозначения точечных групп. Элементарная ячейка Вигнера-Зейтца, кристаллографическая элементарная ячейка. Примеры для ОЦК и

		ГЦК.
	Дефекты кристаллического строения.	<p>Жесткость решетки. Модули Юнга, сдвига, всестороннего сжатия. Коэффициент Пуассона. Энергия атомной связи. Точечные, линейные и плоские дефекты. Упругое поле дефекта, ядро дефекта, энергия дефекта. Вакансии, энергия, конфигурационная энтропия, равновесная концентрация. Межузлия, энергия, конфигурации. Радиационные дефекты, пары Френкеля. Дислокации (краевая, винтовая), ось дислокации, контур Бюргерса, плоскость скольжения, плотность дислокаций, пластический сдвиг. Энергия дислокации, упругое поле дислокации. Подвижность дислокаций, консервативное и неконсервативное движение. Степень и скорость деформации. Источник Франка-Рида. Дефекты упаковки, частичные дислокации, энергия ДУ, конфигурационная энтропия. Сегрегации Сузуки. Взаимодействие дислокаций, сетки дислокаций. Сегрегации Коттрелла. Субзеренные границы, полигонизация. Границы зерен, энергия, зернограницные дислокации, движение границ. Полиэдры Вороного, логнормальное распределение по размерам.</p>
	Кристаллизация, диаграммы равновесия и микроструктура сплавов.	<p>Структура жидкости Радиальная функция распределения. Типы жидкостей. Частота переходов. Кристаллизация, линейная скорость роста, переохлаждение, критический радиус, скорость образования зародышей, гомогенное и гетерогенное зарождение, закон Вульфа-Кюри, дендрит Чернова. Правило фаз Гиббса. Диаграмма однокомпонентной системы. Графический метод термодинамики. Двухкомпонентная система, правило рычага, отсутствие растворимости, ограниченная растворимость, полная растворимость. Полная растворимость в твердом и жидком состояниях. Ликвация, гомогенизация, зонная плавка. Диаграмма и микроструктура сплавов при эвтектическом превращении, отсутствие растворимости и при наличии частичной растворимости в твердой фазе. Диаграмма и микроструктура сплавов при перитектическом превращении. Диаграмма и микроструктура сплавов при наличии химического соединения или промежуточной фазы, конгруэнтное и</p>

	неконгруэнтное плавление. Диаграмма и микроструктура сплавов при ограниченной
--	--

		сплавляемости в жидком виде, синтетическое превращение. Предельные случаи безвариантных равновесий. Типы диаграмм в зависимости от свойств компонентов, изоморфные системы, формы кривых ликвидус и солидус. Линии ограниченной растворимости, уравнение Шредера-Вант-Гоффа, дисперсионное твердение.
	Фазы и фазовые переходы в двухкомпонентных системах.	Фазовые переходы 1-го и 2-го рода, классификация Эренфеста, параметр порядка, дальний и ближний порядок. Параметр порядка при фазовых переходах структурных, порядок-беспорядок, магнитных. Типы твердых растворов замещения, внедрения, вычитания. Точка Курнакова, антифазные области (границы) Промежуточные фазы, электронные соединения, сигма-фазы, фазы внедрения химические соединения, фазы Лавеса Мартенситное превращение. Предельные случаи зародышеобразования. Эффект памяти формы. Диаграммы при аллотропическом превращении, полиморфизм. Эвтектоидные и перитектоидные превращения на диаграммах. Упорядочение твердых растворов на диаграммах, первого и второго рода. Магнитные переходы. Макроскопические свойства сплавов с различным типом диаграмм (твердость, электросопротивление).
	Пластическая деформация.	Механические свойства материалов, пластичные и хрупкие материалы. Диаграммы растяжения/сжатия пластичных и хрупких материалов. Механизмы упрочнения. Деформация поликристалла, микроструктура и текстура, сверхпластичность. Возврат, полигонизация, рекристаллизация (обработки, собирательная, вторичная).
2. Название раздела 2		
	Железо и фазы системы железо-углерод	Структура и фазовые переходы в чистом железе. Фазы системы железо-углерод, структура графита и цементита, растворы внедрения - феррит и аустенит. Диаграмма равновесия железо-углерод, стабильная, метастабильная. Стали – малоуглеродистые, высокоуглеродистые. Чугуны, доэвтектические, заэвтектические. Серый и белый чугун. Микроструктура при охлаждении затвердевших сплавов железо-углерод. Техническое железо, третичный цементит. Доэвтектоидные стали, перлит,

		<p>Видманштеттова структура. Заэвтектоидные стали. Превращения в чугунах, типы чугунов. Термическая обработка стали, перлит, сорбит, тростит, бейнит, мартенсит. Кинетика распада аустенита, с-диаграммы, отжиг, нормализация, закалка. Отпуск стали, три стадии и изменение микроструктуры. Структура и свойства технического железа при старении. Закалочное старение. Деформационное старение, линии Чернова. ХТО, микроструктура при цементации и обезуглероживании. Термическая обработка чугуна, углерод отжига, графитизация, ковкий чугун, черносердечный чугун, белосердечный чугун.</p>
	Диаграммы тройных систем.	<p>Концентрационный треугольник, правило рычага, правило центра тяжести. Тройная эвтектическая система, изотермические разрезы, вертикальные сечения. Наличие двойного стойкого химического соединения и отсутствие растворимости в твердом состоянии. Тройная система с неограниченной растворимостью в твердой фазе, изменение состава твердого раствора при затвердевании. Тройная система с ограниченной растворимостью в твердом состоянии.</p>
	Легированные стали.	<p>Двойные растворы железа. Диаграммы с открытой, расширенной, ограниченной и замкнутой гамма-областью. Тройные растворы железа. Карбиды в стали. Перлитный аустенитный, ферритный, полуферритный и ледебуритный классы сталей. Марганцевая, хромистая, никелевая и кремнистая сталь. Сдвиг с-диаграмм. Коррозионностойкие, быстрорежущие, электротехнические, инструментальные, конструкционные, вторичнотвердеющие стали.</p>
	Цветные металлы.	<p>Медь и ее сплавы. Латуни и бронзы. Алюминий и его сплавы. Старение алюминиевых сплавов, зоны Гинье-Престона. Магний и его сплавы. Литейные и деформируемые сплавы магния. Титан и его сплавы. Никель и его сплавы. К-состояние. Инвар и элинвар. Цинк и его сплавы. Деформируемые и литейные сплавы. Олово, свинец и их сплавы. Легкоплавкие сплавы и припои. Подшипниковые сплавы, баббиты. Тугоплавкие и благородные металлы.</p>

Практические/семинарские занятия

Неделя	Наименование раздела /	Содержание
--------	------------------------	------------

	темы дисциплины	
1-8	1. Название раздела 1	
	Связь и структура кристаллов.	Элементы симметрии, операции симметрии, точечные и пространственные группы. Типы сингоний. Обозначения кристаллографических осей и плоскостей. Группа трансляций. Примитивная ячейка. Решетки Бравэ. Кристаллические классы. Обозначения точечных групп. Элементарная ячейка Вигнера-Зейтца, кристаллографическая элементарная ячейка. Примеры для ОЦК и ГЦК.
	Дефекты кристаллического строения.	Жесткость решетки. Модули Юнга, сдвига, всестороннего сжатия. Коэффициент Пуассона. Энергия атомной связи. Точечные, линейные и плоские дефекты. Упругое поле дефекта, ядро дефекта, энергия дефекта. Вакансии, энергия, конфигурационная энтропия, равновесная концентрация. Межузлия, энергия, конфигурации.
	Кристаллизация, диаграммы равновесия и микроструктура сплавов.	Правило фаз Гиббса. Диаграмма однокомпонентной системы. Графический метод термодинамики. Двухкомпонентная система, правило рычага, отсутствие растворимости, ограниченная растворимость, полная растворимость. Полная растворимость в твердом и жидком состояниях. Ликвация, гомогенизация, зонная плавка. Диаграмма и микроструктура сплавов при эвтектическом превращении, отсутствие растворимости и при наличии частичной растворимости в твердой фазе. Диаграмма и микроструктура сплавов при перитектическом превращении. Диаграмма и микроструктура сплавов при наличии химического соединения или промежуточной фазы, конгруэнтное и неконгруэнтное плавление. Диаграмма и микроструктура сплавов при ограниченной сплавляемости в жидком виде, синтектическое превращение. Предельные случаи безвариантных равновесий. Типы диаграмм в зависимости от свойств компонентов, изоморфные системы, формы кривых ликвидус и солидус. Линии ограниченной растворимости, уравнение Шредера-Вант-Гоффа, дисперсионное твердение.
	Фазы и фазовые переходы в двухкомпонентных системах.	Фазовые переходы 1-го и 2-го рода, классификация Эренфеста, параметр порядка, дальний и ближний порядок. Параметр порядка при фазовых переходах структурных, порядок-беспорядок,

		магнитных. Типы твердых растворов, замещения, внедрения, вычитания. Точка Курнакова, антифазные области (границы). Промежуточные фазы, электронные соединения, сигма-фазы, фазы внедрения, химические соединения, фазы Лавеса. Мартенситное превращение. Упорядочение твердых растворов на диаграммах, первого и второго рода. Магнитные переходы. Макроскопические свойства сплавов с различным типом диаграмм (твердость, электросопротивление).
	Пластическая деформация.	Механические свойства материалов, пластичные и хрупкие материалы. Диаграммы растяжения/сжатия пластичных и хрупких материалов. Механизмы упрочнения. Деформация поликристалла, микроструктура и текстура, сверхпластичность.
2. Название раздела 2		
	Железо и фазы системы железо-углерод	Фазы системы железо-углерод, структура графита и цементита, растворы внедрения - феррит и аустенит. Диаграмма равновесия железо-углерод, стабильная, метастабильная. Стали – малоуглеродистые, высокоуглеродистые. Чугуны, доэвтектические, заэвтектические. Серый и белый чугун. Микроструктура при охлаждении затвердевших сплавов железо-углерод. Техническое железо, третичный цементит. Доэвтектоидные стали, перлит, Видманштеттова структура. Заэвтектоидные стали. Превращения в чугунах, типы чугунов.
	Диаграммы тройных систем.	Концентрационный треугольник, правило рычага, правило центра тяжести. Тройная эвтектическая система, изотермические разрезы, вертикальные сечения.
	Легированные стали.	Двойные растворы железа. Диаграммы с открытой, расширенной, ограниченной и замкнутой гамма-областью. Тройные растворы железа. Карбиды в сталях. Перлитный аустенитный, ферритный, полуферритный и ледебуритный классы сталей. Марганцевая, хромистая, никелевая и кремнистая сталь. Сдвиг с-диаграмм.
	Цветные металлы.	Медь и ее сплавы. Латунь и бронзы. Алюминий и его сплавы. Старение алюминиевых сплавов, зоны Гинье-Престона. Магний и его сплавы. Литейные и деформируемые сплавы магния. Титан и его сплавы. Никель и его сплавы. К-состояние. Инвар и элинвар.

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-8	1. Название раздела 1	
	Металлографический анализ материалов	<p>Провести макроанализ сварного соединения:</p> <p>а) изучить, зарисовать и описать структуру макрошлифа;</p> <p>б) выявить дефекты сварки (трещины, поры, непровары).</p> <p>Провести микроанализ поликристалла (стали):</p> <p>а) определить размер (балл) зерна, используя метод визуальной оценки;</p> <p>б) определить размер зерна (в 5 полях) по одному из методов количественного анализа (по указанию преподавателя).</p> <p>Провести анализ совершенства структуры монокристалла:</p> <p>а) определить плотность дислокаций (в 5 полях);</p> <p>б) определить угол разориентировки для нескольких участков субграницы.</p>
	Пластическая деформация и рекристаллизация металлов	<p>Измерить твердость образцов одного из металлов (<i>Fe</i>, <i>Ni</i>, <i>Cu</i> или <i>Al</i>), продеформированных до различной степени, а также твердость исходного недеформированного образца. Измерение твердости проводить не менее 5 раз, вычислить среднее значение и ошибку измерения. Результаты занести в таблицу (метод измерения твердости выбирается по указанию преподавателя).</p> <p>Для двух комплектов образцов с различной степенью деформации определить температуру рекристаллизации. Для этого следует измерить твердость образцов, отожженных при различных температурах. Начальные температуры нагрева для <i>Fe</i> – 420°C, <i>Ni</i> – 450°C, <i>Cu</i> – 180°C, <i>Al</i> – 150°C. В нагретую до требуемой температуры печь одновременно закладываются два образца одного материала с различной степенью деформации и выдерживаются в течение 15 мин. Затем образцы охлаждают и измеряют твердость образцов, при этом температуру в печи повышают на 30°C и, когда температура установится, закладывают новую пару образцов и т.д.</p> <p>С помощью микроскопа изучить микроструктуру материалов в исходном, деформированном и рекристаллизованном состояниях.</p>
	Дисперсионное твердение	Экспериментально определить временную зависимость твердости при старении дисперсионно-твердеющего сплава. Для этого

		<p>необходимо измерить твердость двух образцов в исходном состоянии (измерение проводить не менее 5 раз на каждом образце; закалить их с нужной температуры (сплав <i>Al – Cu</i> с 500°C, сплав <i>Cu – 2% Be</i> с 800°C) и замерить твердость. Затем поместить эти образцы в печь, нагретую для сплава <i>Al – Cu</i> до 150°C, а для сплава <i>Cu – Be</i> до 350°C. Вынимать образцы через каждые 15 мин и проводить измерение твердости. Результаты для каждого образца занести в таблицу.</p> <p>Изучить и зарисовать микроструктуру закаленного и состаренного образцов из набора шлифов, имеющихся в лаборатории.</p> <p>Изучение микроструктуры проводить на металлографическом микроскопе с увеличением 1000</p>
2. Название раздела 2		
	Изучение равновесной диаграммы железо-углерод	<p>Изучить и зарисовать микроструктуры образцов из полученного набора.</p> <p>Сверяясь с фотографиями эталонных структур, определить структуру каждого образца.</p> <p>Определить количество углерода в доэвтектоидной стали</p>
	Влияние термической обработки на механические свойства конструкционных сталей	<p>Определение критических точек углеродистых и легированных сталей методом пробных закалок:</p> <ul style="list-style-type: none"> - измерить твердость образцов в исходном (отожженном) состоянии, занести результаты в таблицу; - провести закалку образцов в воду: при этом нагрев под закалку образцов сталей 45, 40X и У8 осуществляется в интервале температур 650-850°C, X18H10T – 700-900°C, с шагом температур 50°C. Продолжительность выдержки образца при температуре закалки равна 1/5 времени нагрева. Выдержку отсчитывают с момента выравнивания цвета каления образцов и стенок муфеля печи. Для сокращения времени нагрева рекомендуется все образцы, которые по условиям задачи надо нагреть до различных повышающихся температур, заложить в одну печь, нагретую до наиболее низкой температуры, указанной в задаче, и выдержать при этой температуре 5-10 мин после того, как цвет каления совпадет с накалом муфеля. <p>Образцы сталей, подлежащих закалке с начальной температурой, быстро вынимаются из печи и немедленно</p>

		<p>переносятся в бак с водой, установленные у печи. При этом образцы необходимо перемешивать в воде в течение 2-3 сек, чтобы сбить паровую рубашку, образующуюся на поверхности и замедляющую охлаждение. Затем повышают температуру печи до следующей температуры (выше на 50°C), выдерживают при этой температуре в течение 3-5 мин и аналогичным образом закаливают очередные образцы. Повторение операций осуществляется до закалки последнего образца, нагреваемого до наиболее высокой температуры;</p> <ul style="list-style-type: none"> - измерить твердость образцов в закаленном состоянии, результаты занести в таблицу; - исходя из полученных данных для легированной стали и одной из углеродистых сталей, указанных преподавателем, выбрать оптимальную температуру нагрева под закалку на максимальную твердость; - провести закалку с выбранной температурой нагрева двух отожженных (исходных) образцов стали X18H10T и углеродистой стали в воду, а по одному образцу этих же марок охладить на воздухе (нормализовать); - измерить твердость обработанных образцов, результаты занести в таблицу. <p>Отпуск углеродистой и легированной стали</p> <ul style="list-style-type: none"> - провести отпуск углеродистой и легированной стали X18H10T при температурах 200°, 400° и 650°C (по образцу каждой стали при каждой температуре); - измерить твердость образцов после 10, 20 и 40 мин отпуска; - во избежание возникновения в образцах термических напряжений охлаждение образцов перед измерением проводится на воздухе, а не в воде, результаты занести в таблицу. <p>Изучить микроструктуру сталей в исходном, закаленном и отпущенном состояниях по эталонным образцам.</p>
	Диффузия в металлах	<p>Изучить и зарисовать структуру цементированного слоя.</p> <p>С помощью окуляра со шкалой и объект-микрометра измерить глубину цементированного слоя для всех образцов. Измерения для каждого образца провести по 5 раз на разных участках</p>

		<p>образца.</p> <p>Рассчитать коэффициенты диффузии для всех образцов, пользуясь таблицей 4.1. Величина C_0 в этой таблице определяется предельной растворимостью углерода в аустените и соответствует проекции точки, лежащей на линии SE диаграммы железо-углерода при температуре цементации. Концентрацию C на данной глубине можно определить по виду микроструктуры или же считать, что на середине переходного слоя она равна средней величине между концентрацией углерода в перлите и сердцевине.</p> <p>Пользуясь формулой (7), графически определить энергию активации диффузии и предэкспоненциальный множитель D_0.</p>
--	--	--

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Антошина И.А., Горчаков К.А., Деменков П.В., Конобеев Ю.В., Лисичкин Ю.В., Малышкин В.Г., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А. – Учебно-методическое пособие по материаловедческим дисциплинам. Ч.1. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – 138 с.
2. Антошина И.А., Горчаков К.А., Горчакова Л.И., Деменков П.В., Исаев Е.И., Каплунова А.М., Кирюшина В.В., Конобеев Ю.В., Лисичкин Ю.В., Малышкин В.Г., Обухова Н.С., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А. Учебно-методическое пособие по материаловедческим дисциплинам. Ч.2. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – 104 с.
3. Физика и химия новых материалов. Электронное научное издание Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева. Основные тематические направления журнала: физика; химия; материаловедение и технология конструкционных материалов. Доступен полнотекстовый архив с 2007 по 2011 год: <http://phch.mrsu.ru/>
4. Chemistry and Materials Research. Журнал на английском языке Международного института по науке, технологиям и образованию (International Institute for Science, Technology and Education) (США, Великобритания, Гонконг). Публикует оригинальные статьи, касающиеся вопросов химии и материаловедения. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CMR/issue/archive>
5. <http://elibrary.ru/issues.asp?id=8592> – Научная электронная библиотека. Журнал «Вопросы материаловедения»

8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Столяров, В. Л. Фазовые превращения и структурообразование : учебник / В. Л. Столяров, Е. С. Малютина, В. Ю. Введенский. — Москва : МИСИС, 2018. — 266 с. — ISBN 978-5-906846-85-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115294>
2. Гарост, А. И. Железоуглеродистые сплавы: структурообразование и свойства : монография / А. И. Гарост. — Минск : Белорусская наука, 2010. — 252 с. — ISBN 978-985-08-1152-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90536>
3. Степанов В.А. Фазовые равновесия в сплавах. - Обнинск: Полипринт, 2012. - 54 с.
4. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. М.: Металлургия, 1987. - 688 с.
5. Б. Г. Лившиц. Металлография М: Металлургия, 1971, 422 с.
6. Физическое материаловедение. Учебник для вузов в 6 томах. Под ред. Б.А.Калина. М.: МИФИ, 2007.
7. В.Г.Малынкин, Е.В.Кочубей. Лабораторный практикум по курсу “Фазовые равновесия и структурообразование”. Обнинск. ИАТЭ. 2004, 76с.
8. И.А. Антошина, Е.И. Исаев, В.А. Степанов. Лабораторный практикум по курсу “Фазовые равновесия и структурообразование”. Обнинск. 2018.

б) дополнительная учебная литература:

1. Лилеев, А. С. Фазовые равновесия и структурообразование : сборник / А. С. Лилеев, Е. С. Малютина. — Москва : МИСИС, 2009. — 33 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117153>
2. Фазовые равновесия и структурообразование : практикум / составители Н. А. Клевцова, Г. В. Клевцов. — Тольятти : ТГУ, 2018. — 98 с. — ISBN 978-5-8259-1383-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140177>

9. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Марочник стали и сплавов. — URL: <http://www.splav-kharkov.com/main.php>

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания приведены в Приложениях:

- Антошина И.А., Горчаков К.А., Деменков П.В., Конобеев Ю.В., Лисичкин Ю.В., Малынкин В.Г., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А. – Учебно-методическое пособие по материаловедческим дисциплинам. Ч.1. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – 138 с.
- Антошина И.А., Горчаков К.А., Горчакова Л.И., Деменков П.В., Исаев Е.И., Каплунова А.М., Кирюшина В.В., Конобеев Ю.В., Лисичкин Ю.В., Малынкин В.Г., Обухова Н.С., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А. Учебно-методическое пособие по материаловедческим дисциплинам. Ч.2. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2015. – 104 с.

11. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

11.1 Перечень информационных технологий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

11.2 Перечень программного обеспечения

Не требуется

11.3 Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, www.consultant.ru (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;

- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, www.book.ru;
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, www.iprbooks.ru;
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru»,
- 9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

12. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебная аудитория для проведения учебных занятий 1-224

Специализированная мебель:

Доска меловая- 1 шт.,

Стол преподавателя – 1 шт.;

Стол двухместный – 22 шт.,

Стул – 45 шт.

13. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

13.1 Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций, практических занятий и лабораторных работ) в сочетании с внеаудиторной работой студента
- При изложении всех разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями
- Систематические индивидуальные консультации
- Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий

13.2 Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Самостоятельная деятельность студента рассматривается как вид учебного труда, позволяющий целенаправленно формировать и развивать его самостоятельность как личностное качество. Самостоятельная работа студента организована в следующих формах:

- проработка учебного (теоретического) материала;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам;
- подготовка ко всем видам текущего контроля;
- подготовка к зачету.

Контроль самостоятельной работы осуществляется при проведении практических занятий, текущего контроля.

14. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014

г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде

собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил (а) (и):

Е.И. Исаев, доцент, к.ф.-м.н.

Рецензент (ы):

О.А. Плаксин, доцент, д.ф.-м.н., профессор